

E két egyenletet renormálási csoport egyenleteknek nevezik. Nagy jelentőségük van, de ennek bemutatása már túlmutat e cikk keretein.

A potenciál köztudott módon csak egy additív állandó erejéig van meghatározva. A  $d$ -dimenziós (17) eredmény

$$V(r, \epsilon) = \frac{\rho}{4\pi\epsilon_0} \left[ \frac{1}{\epsilon} - \gamma_E + \ln\pi + \ln\frac{\mu^2}{r^2} + O(\epsilon) \right]$$

sorfejtéséhez szabadon hozzáadhatunk  $r$ -től független mennyiséget. E szabadságot kihasználva a potenciál végessé tehető bármely dimenzióban, amihez a minimális levonás

$$\frac{\rho}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{\epsilon},$$

de levonhatjuk akár a

$$\frac{\rho}{4\pi\epsilon_0} \left[ \frac{1}{\epsilon} - \gamma_E + \ln\pi \right]$$

mennyiséget is (módosított minimális levonás).

A maradékból nyugodtan eltávolíthatjuk a regularizációt az eredmény véges marad:

$$V(r) = \frac{\rho}{4\pi\epsilon_0} \ln\frac{\mu^2}{r^2}.$$

A renormálható kvantumtérelméletekben az ilyen levonás megfogalmazható az elmélet paramétereinek az anharmonikus oszcillátor példáján megmutatott renormálásával. A különbség mindössze annyi, hogy a  $Z(g, \epsilon)$  renormálási állandó függ  $\epsilon$ -től is, mégpedig  $1/\epsilon$  pólust is tartalmaz. Azonban a renormált Lagrange-függvényből számolt fizikai eredmények már végesek az  $\epsilon \rightarrow 0$  határesetben (a perturbációs számítás adott rendjében).

Éppen negyedszázada hallottam (T.Z.) először a perturbatív renormálásról az egyetemi kvantum-elektrodinamika előadáson. Az érthetetlennek tűnő gondolatok készített arra, hogy hosszú és kemény erőfeszítéssel megpróbáljam alaposabban megismerni a kvantumtérelméletet. Úgy gondoljuk, hogy az itt mutatott példák tankönyvekbe illenek, és a mai egyetemi hallgatók számára könnyen érthetővé teszik a valójában egyszerű alap gondolatot.

Kutatásunkat az OTKA (K-60432) támogatta.

## SZÖVEVÉNYES RAJZOLATOK...

Laczik Bálint

BME Gyártástudomány és -technológia Tanszék

A megismerés módszere a megfigyelés – alaposan pedig csak az ismétlődő jelenségek figyelhetők meg. Az egymást követő világos és sötét napszakok, a holdfázisok, az évszakok, a csillagvilág éjszakánként újra és újra felsejlő csodái ösztönözhatték régvolt emberőseinket a világról alkotott első elképzeléseik kialakítására.

A tudomány immár az atomfizika elenyészően rövid idejű részecske élettartamaitól a Világegyetem tízmilliárd években mért időparamétereig a legkülönbözőbb ismétlődési idejű jelenségeket vizsgálja.

A 19. század kutatói különösen sokat foglalkoztak a mechanikus és villamos rendszerekben fellépő, periodikus mozgásokkal, lengésekkel, rezgésekkel. A műszaki alkalmazásokban már jóval korábban megjelentek az úgynevezett alternáló szerkezetek. Az Országos Műszaki Múzeum könyvtárának értékes relikviái *Jacob Leupold* (1674–1727) *Theatrum Machinarium* című, 1720–39 között kiadott könyvsorozatának kötetei. A korabeli műszaki ismereteket összefoglaló, hatalmas, gazdagon illusztrált fóliánsok megannyi ötletes szerkezetet mutatnak be. Például az *1. ábracsoport* hiányos fogazatú pálcsás fogaskerekeit folyamatosan egy irányba forgatva, a velük kapcsolódó fogasléc vagy pörgőpárok szakaszosan egyik, majd az ellentétes értelemben mozognak attól függően, hogy a meghajtó kerék fogai melyik oldalon lévő

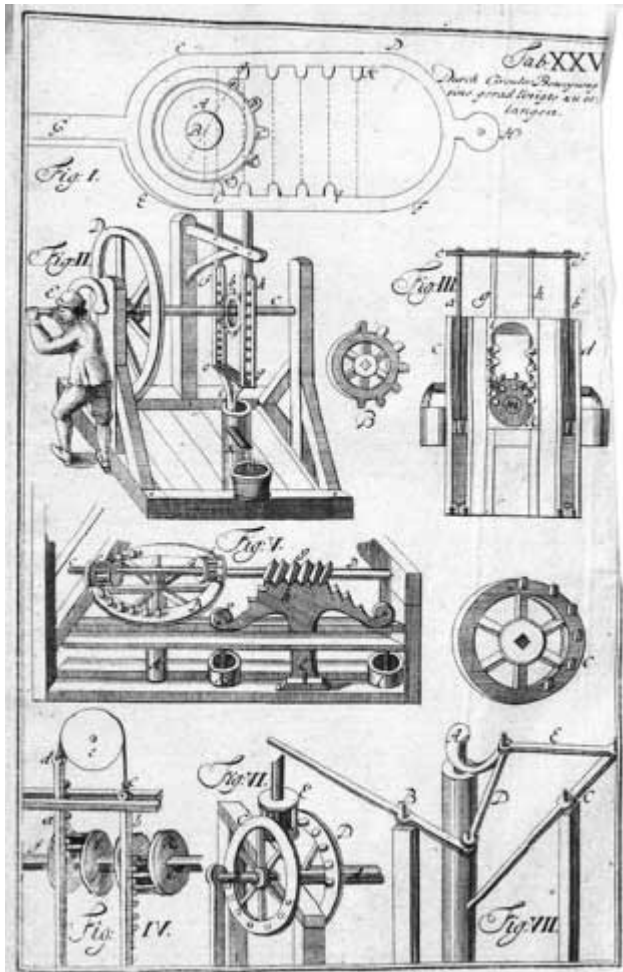
elem fogaival kapcsolódnak. A későbbi századok során a periodikus működésű szerkezetek megannyi, érdekes változata készült el.

A legegyszerűbb harmonikus mozgás elemi trigonometrikus függvényekkel írható le. Az egységnyi sugarú kör polárvektorát egységnyi fordulatszámú forgatva a sugár függőleges és vízszintes vetületei a közismert szinusz és koszinusz függvényt állítják elő (lásd *2. ábra*).

A csillapítatlan, ideális fonálinga kis  $\phi$  szögkitérésű lengései jól közelíthetők a  $T$  periódusidejű harmonikus lengő mozgással (lásd *3.a ábra*).

Az  $S$  jelű súlypontján kívül rögzített, a felfüggesztési pont körül lengő merev test a fizikai inga (*3.b ábra*). Kis  $\phi$  határkitérésekhez tartozó  $T$  lengésidejének közelítő formulája a fonálingáéhoz hasonló, egyszerű összefüggés.

Lényegesen bonyolultabb a kettős fonálinga (*3.c ábra*), még inkább a kettős fizikai inga, például a meghúzott harang és a benne lévő harangnyelv viselkedése. A kölni dóm legendás nagyharangjánál egy egészen különös jelenség lépett fel: a mozgásba hozott harang néma maradt – a véletlenül adódott, ropant különleges méret- és tömegviszonyok okán ugyanis a harangtest és a nyelv lengéseinek periódusideje megegyezett, a haranggal együtt mozgó nyelv tehát nem verődött a harangtesthez (lásd *3.d ábra*).

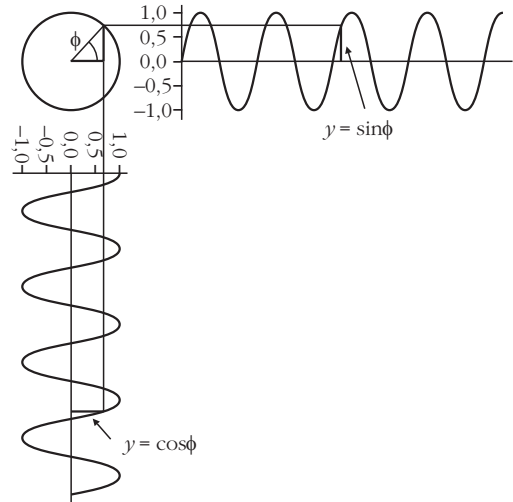
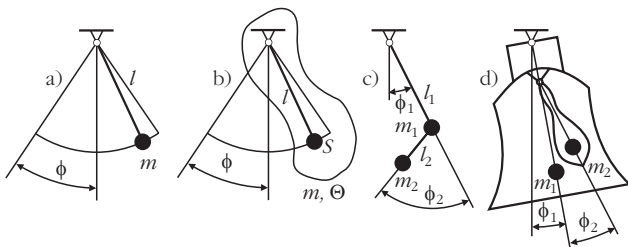


1. ábra. Jacob Leupold *Theatrum Machinarium* című könyvsorozatának egyik lapja

Az – elvileg végtelenül vékony és hajlékony – fonálon függő  $m$  tömeggel modellezett, csillapítatlan fonálinga és az  $m$  tömegű, a forgástengelyére számított  $\Theta$  tehetetlenségi nyomatékú fizikai inga periódusidőit csak közelítőleg egyeznek meg az elemi fizika tanított összefüggésekkel. Alaposabban vizsgálva a problémát kiderül, hogy az ingák lengésidei függenek a maximális kitérés szögétől. A kitérések növekedésével a valós és az egyszerűsített modellhez tartozó lengésidek egyre inkább eltérnek.

Az időmérés fejlődésének korszaknyitó mozzanata volt az elvileg pontos ingaóra 17. század végi megalakítása. *Christiaan Huygens* (1629–1695) órájában az ingarúd egy hajlékony lemezzel kapcsolódott a felfüggesztéshez. A lemezt két oldalról egy-egy, ciklois alakra

3. ábra. Különböző ingák



2. ábra. A szinusz és koszinusz függvény előállítása

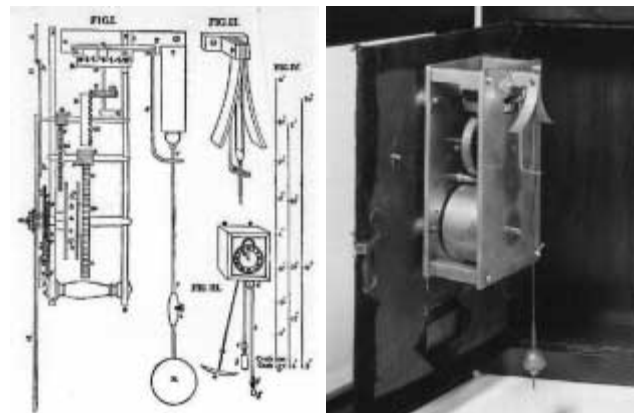
kiképzett terelő elem fogta közre. Az ingával együtt mozgó rugalmas lemez a terelő elemeknek ütközve azokra rásimult. A továbbblendülő inga tömegközéppontja így már nem az  $l$  sugarú köríven, hanem a terelő lemez alakjával megegyező ciklois pályán mozgott. Az ilyen kialakítású inga lengésideje elvileg állandó, függetlenül a maximális kitérés szögétől. A Huygens zseniális felfedezése után évszázadokkal később készített precíziós ingaórákban is ezt a megoldást alkalmazták. A ciklois ingaóra eredeti vázlatát és az első ingás szerkezetet a 4. ábra szemlélteti.

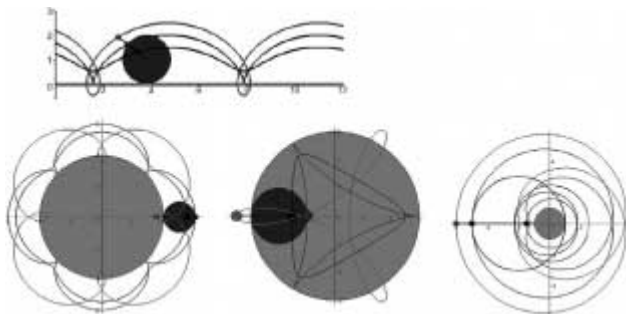
A 17–18. század matematikusai igen behatóan foglalkoztak a cikloisgörbékkel. A megannyi fizikai vonatkozásban is fontos görbecsalád elemei egy csúszás nélkül, tiszta gördüléssel mozgó körhöz rögzített pont pályái. Egyenesen gördítve a származtató kört, csúcsos, hurkolt és nyújtott közönséges ciklois görbék nyerünk. A származtató kört egy másik kör kerületén gördítve, hasonlóan csúcsos, hurkolt és nyújtott, úgynevezett epi-, hipo-, illetve periciklois-görbék adódnak. A cikloisok alapalakzatait az 5. ábracsoport mutatja be.

Az epi-, hipo-, illetve pericikloisok az álló kör középpontjához rögzített komplex koordináta-rendszerben a

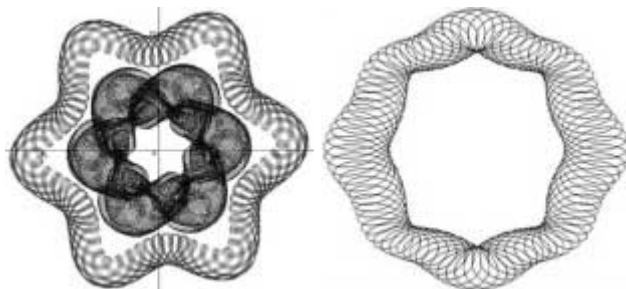
$$r = (a + b) e^{i\phi} + t e^{\frac{i(a-b)\phi}{b}} \quad (1)$$

4. ábra. Ciklois ingaóra eredeti vázlatja és a megvalósított szerkezet





5. ábra. Cikloisgörbék



6. ábra. Bonyolult cikloisgörbék

egyenlettel írhatók le, ahol  $a$  az álló,  $b$  a mozgó kör sugara,  $t$  a leképező pont távolsága a mozgó kör középpontjától,  $\phi$  a mozgó kör elfordulását jellemző szögparaméter és  $i$  a képzetes egység. A cikloisgörbék különösen bonyolulttá tehetők az álló és a gördülő kör sugarainak alkalmas változtatásával (lásd 6. ábra).

A cikloidális származtatási elvet más görbékhez is alkalmazhatjuk. A mozgó kört például ellipszisen gördítve, a kör középpont és a leképező pont távolságát periodikusan változtatva a 6.b ábra alakzata adódik.

## A Lissajous-görbék

Jules Antoine Lissajous (1822–1880) francia fizikus 1855-ben ismertette vibrációs mikroszkópiját (7. ábra). A készülék egyidejűleg két, egymásra merőleges irányban, különböző frekvenciával rezgetett tálcája egy igen különös jelenséget tett láthatóvá: a tálcában lévő homokrétteg felületén sajátos görbék jelentek meg.

Az egymásra merőleges (pl. az  $y$  és az  $x$  tengely irányú) rezgések eredője az

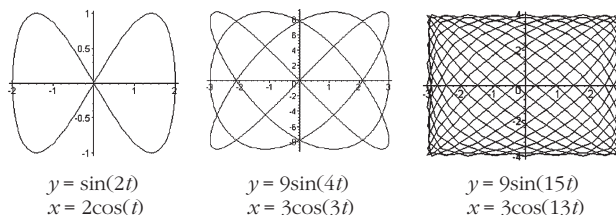
$$y = A \sin(k\omega t), \quad x = B \cos(m\omega t + \psi) \quad (2)$$

Lissajous-görbe. A görbék néhány egyszerűbb alakja a 8. ábrason látható.

A Lissajous-görbék számos fizikai jelenség magyarázatát adják. A korabeli oktatásban hamar megjelentek a Lissajous-alakzatok kísérleti előállításának szemléltető eszközei. A Blackburne-inga két, egymásra merőleges síkban lengő, kettős felfüggesztésű fonálinga (9.a ábra). Az egyes ingák lengésidejét felfüggesztő fonalaik hosszának változtatása biztosítja. Az alsó ingán lévő kis edényből kipergő homok vagy vékony tintasugár az alul elhelyezett lapon hoz létre Lissajous-görbéket.



7. ábra. Lissajous vibrációs mikroszkópja



8. ábra. Egyszerű Lissajous-görbék

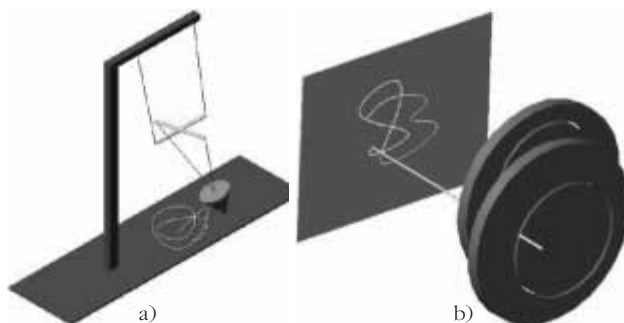
A tinta kiömlésével, avagy a homok eltömődésével a korabeli fizikatanároknak megannyi bosszúságot okozó, nehézkes szerkezet további, komoly, elvi hibája volt a lengések gyors csillapodása, a bizonytalanul megjelenő rajzolat vonalainak torzulása és összemosódása.

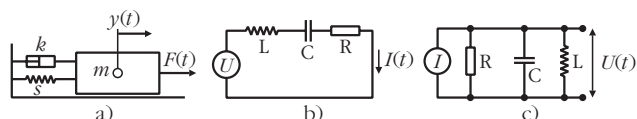
Látványosabb és szabatosabb eredményt adott a Pfaundler-féle optikai készülék (9.b ábra). E szerkezet fő eleme két, a fényt át nem eresztő festékkel bevont, egymástól függetlenül forgatható üvegtárcsa. A tárcsákon egy-egy vékony, átlátszó, a forgástengelyekhez képest excentrikus, körgyűrű alakú csíkot alakítottak ki. A tárcsapárt forgatva és megvilágítva a fény csak a csíkok kereszteződésében tudott továbbhaladni. Elsötétített helyiségben kivetítve, vagy fényérzékeny fotóanyagot használva a Lissajous-görbék jobb megjelenítésére nyílt lehetőség. A fényképezés felfedezése után (a Pfaundler-készülék mozgó fénypontját hosszú expozíciós idővel rögzítve) készültek a 19. századi fizikakönyvek Lissajous-ábrái.

## A mechanikai és villamos lengések analógiája

A kis kitérésű fonálinga mozgását harmonikusnak tekintve, a nagyon hosszú fonalakra függesztett Blackburne-szerkezet rajzolta alakzatok általános egyenlete elfogadható közelítéssel a (2) kifejezés. A Pfaundler-ké-

9. ábra. A Blackburne-inga és a Pfaundler-készülék





10. ábra. A mechanikai rezgések analógiái

szülék rajzolta fénycsíkok középvonalait elvileg pontosan jellemzi a Lissajous-görbék paraméteres formulája.

Az  $m$  tömegből, a  $k$  mértékű, sebességarányos csillapításból és az  $s$  állandójú, lineáris rugóból álló,  $F(t)$  erővel gerjesztett mechanikai lengő rendszer vázlata a 10.a ábrán látható. Az  $L$  induktivitású tekercs, a  $C$  kapacitású kondenzátor és az  $R$  értékű ellenállásból összeállított, soros villamos kört a 10.b, ugyanezen elemek párhuzamos kapcsolását a 10.c ábra szemlélteti.

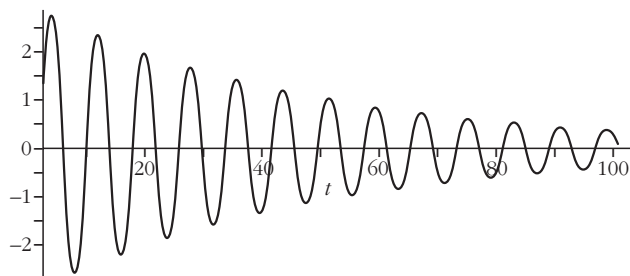
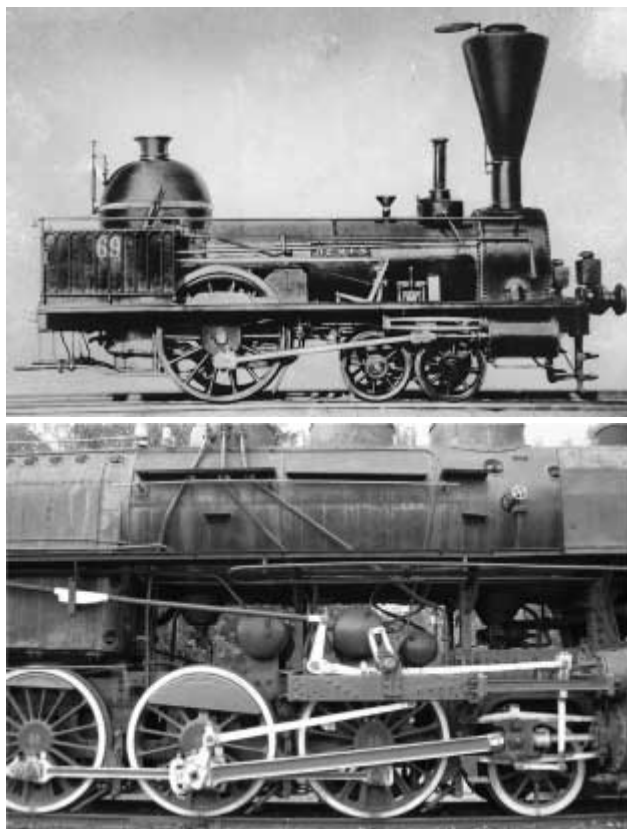
A 10.a ábrán látható szerkezetben a tömeg középpontjának időben változó elmozdulását  $y(t)$ -vel jelölve, a mozgás differenciálegyenlete:

$$m \left( \frac{d^2}{dt^2} y(t) \right) + k \left( \frac{d}{dt} y(t) \right) + s y(t) = F(t).$$

A 10.b ábrán szereplő villamos körben az  $U(t)$  feszültség hatására mozgó  $Q(t)$  töltésmennyiség változását az

$$L \left( \frac{d^2}{dt^2} Q(t) \right) + R \left( \frac{d}{dt} Q(t) \right) + \frac{1}{C} Q(t) = U(t),$$

12. ábra. Gőzmozdonyok



11. ábra. Csillapuló rezgés

míg a 10.c ábra párhuzamos kapcsolásában az  $I(t)$  áramerősség hatására kialakuló  $\Phi(t)$  mágneses fluxus változását

$$\frac{1}{C} \left( \frac{d^2}{dt^2} \Phi(t) \right) + \frac{1}{R} \left( \frac{d}{dt} \Phi(t) \right) + \frac{1}{L} \Phi(t) = I(t)$$

differenciálegyenlet jellemzi. A három rendszer jellemzői között egyértelmű megfeleltetés létesíthető; a paraméterek alkalmas átalakításával a rendszerek differenciálegyenletei a közös

$$A \left( \frac{d^2}{dt^2} x(t) \right) + B \left( \frac{d}{dt} x(t) \right) + C x(t) = E(t) \quad (3)$$

alakra írhatók át. A fizikailag eltérő összeállítások tehát az elemi harmonikus oszcillátor különböző formái.

A (3) differenciálegyenletet például a

$$5 \left( \frac{d^2}{dt^2} x(t) \right) + 0,2 \left( \frac{d}{dt} x(t) \right) + 3 x(t) = 10 \sin(40 t)$$

alakban felírva, továbbá ha a  $t = 0$  időpillanatban  $x(t) = 0$ ,  $\dot{x}(t) = 2$ , a megoldást – a 0-hoz közelítő (csillapuló) lengés képét – a 11. ábra szemlélteti.

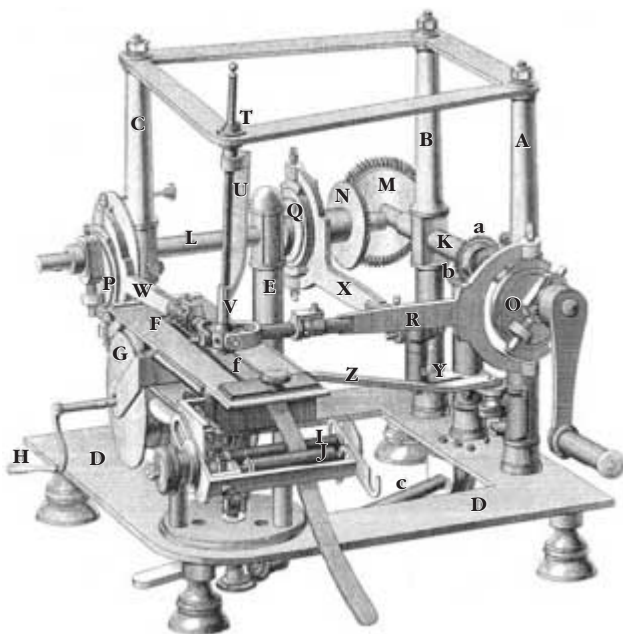
## Jedlik rezgési készüléke

Jedlik Ányos (1800–1895) hosszú, alkotó élete során élénken érdeklődött a fizika új eredményei iránt. Tanári és kutató munkája mellett sokirányú más tevékenységet is folytatott. Kevésbé ismert tény, hogy az első magyar vasút indításának műszaki előkészítéséből is részt vállalt.

Az első, a Pest és Vác közötti vonalon üzembeállított gőzmozdonyok<sup>1</sup> kazánjainak vizsgálatában közreműködését több dokumentum tanúsítja. Az 1845. szeptember 2-án az egyetemnek írott felkérő levél szerint:

„A központi Vasút Igazgatóságának esedezésére megengedtetvén, hogy azon pálya használatára Seraingbul Cockerill és Társai (Belgium) erőműgyárából

<sup>1</sup> A korabeli szóhasználat egyaránt említett mozdonyt és mozgonyt. Ballagi Mórnak az 1860-as végén megjelent nagy szótára már különbséget tesz a két szerkezet között: a mozdony az önjáró, míg a mozgony a helyhez kötött gőzgépet jelentette. Az 1840-es években azonban a két szót vegyesen használták.



13. ábra. Jedlik-féle „rezgési készülék”

érkezett 4 mozgonyok úgymint Pest Buda Debrecen és Poson kazánjai nyilvános vizsgálat alá vételéhez a közigazgatás részéről is szakértők hozzájáruljanak és evégből a klyi [királyi] Egyetem részéről a Természet és eróműtan rendes tanítója Jedlik Antal [elírás!] kebelbeli építési Igazgatóság részéről pedig Igazgató Segéd Keczkés [nevét Kecskésként írja alá] Károly a tapasztalatandókról közös Jelentést teendő, rendeltetvén ki ettől.”

Az elvégzett mozdonyvizsgálatok fennmaradt hivatalos jegyzőkönyvei mellett Jedlik Ányos pénztárkönyvének bejegyzései is tanúskodnak az eseményekről. Jedlik tehát igen közelről, behatóan ismerte a korabeli csúcstechnikának számító gőzmozdony szerkezeteket. A mozdony gépezete a gőzhenger dugattyújának mozgását közvetíti a sínen futó, hajtó kerekre. Jedlik nagyszerű műszaki érzékének és e tárgybeli tájékozottságának eredménye egyértelműen felfedezhető azokban a szerkezetekben, amelyeket a periodikus mozgások sajátosságainak demonstrálására készített.

A 12. ábra felső képe az első magyar gőzmozdonyok egyikét, míg az alsó a 20. században épített legendás 424-es gőzmozdony gépezetét szemlélteti.

A jellegzetes, csuklókkal, kulisszákkal és excenterekkel kialakított karos mechanizmus és az Országos Műszaki Múzeumban őrzött, Jedlik-féle „rezgési készülék” konstrukciós hasonlóságai szembeszökők. A 13. ábrán bemutatott készüléket a Magyar Orvosok és Természetvizsgálók 1876-os, Máramarosszigeten rendezett nagygyűlésén ismertette. (A szép, pontos ábrák az előadás 1878-ban megjelent nyomtatott anyagából származnak.)

Az Ottmár János budapesti mechanikus műhelyében gyártott szerkezetet a jobb oldali, kézi forgattyúkar hozza mozgásba. A karral összekapcsolt  $K$  tengelyen az  $O$  jelű excenter és az  $a$  kúpfogaskerék találha-

tó. A forgattyú tengelyén lévő,  $M$  jelű kúpfogaskerék az  $N$  kúpfogaskerékkel kapcsolódva működteti a hátsó  $L$  tengelyt, illetve a tengelyen lévő  $Q$  (középső) és  $P$  (bal oldali) excentereket.

Az  $O$  excenter a  $R$  kar, a  $P$  excenter a  $W$  kar közvetítésével mozgatja az  $U$  jelű függőleges rudat. A rúd a készülék felső keretéhez a  $T$  gömbcsuklóval kapcsolódik, alsó végén a  $V$  jelű kardáncsukló található. Az excenterek működése során az  $R$  és a  $W$  karok kardáncsuklóhoz kapcsolódó végpontjai jó közelítéssel egymásra merőleges, harmonikus mozgásokat végeznek. A kardáncsukló által mozgatott  $U$  rúdhoz kapcsolt rajzoló elem közelítőleg két, egymásra merőleges tiszta mozgás eredőjét végzi. A rajzoló elem az  $F$  asztalon lévő  $f$  jelű szalagra tehát egy szabatos Lissajous-görbét rajzol.

A keletkező görbe  $A$ ,  $B$  amplitúdói az excenterek sugarainak állításával szabályozhatók. A (2) egyenlet  $k$ ,  $m$  paramétereit az  $M$ ,  $N$  fogaskerek fogszámviszonyai, míg a  $\psi$  fázishelyzetet az excenterek – az  $M$ ,  $N$  fogaskerek összekapcsolási helyzetétől függő – viszonylagos állása valósítja meg.

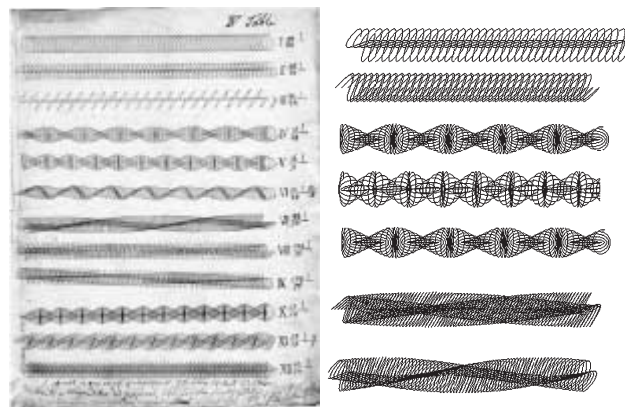
A  $K$  tengely  $a$  fogaskereke a függőleges tengelyű  $b$  kúpkeréket hajtja; ennek forgását egy további (a  $D$  jelű, alsó keret által takart) kúpfogaskerék pár közvetíti (a  $D$  keret nyílásában látható)  $c$  tengelyre. A  $c$  tengely végén lévő (a készülék bal oldali, elülső lába mögött látható) kúpkerék a vele kapcsolódó, függőleges tengelyű kúpfogaskereket forgatja. Az utóbbi hajtás a bal oldali, elülső láb fölött elhelyezett szalagtovábbító szerkezetet működteti.

Az  $O$  excenter a  $X$  jelű kart közelítő harmonikus mozgásba hozza. Az  $X$  kar az  $Y$  szögemelőn keresztül az  $f$  szalag haladási irányára merőleges irányú, periodikus mozgást biztosít.

A készülék valamennyi eleme szabatos kapcsolatban áll a forgattyúkarral. A készülék hajtókarját tehát tetszőlegesen hajtva a haladó és a haladási irányára merőleges rezgéseket végző szalag, valamint a Lissajous-görbét leíró rajzelem között egyértelmű, pontos kinematikai kapcsolat van.

A készülék különféle beállításával felvett, eredeti rezgési sávminták a 14. ábráson láthatók.

14. ábra. A Jedlik-készülék által rajzolt és a matematikai programmal előállított alakzatok



Az egymásra merőleges rezgő mozgás kettős, a folyamatos haladó mozgás, valamint a harmadik, a haladás irányával ismert szöget bezáró mozgás együttesének komplex egyenlete:

$$y_j = [A \sin(m_j t + \phi) + i B \sin(k_j t)] e^{i\alpha} + v t. \quad (4)$$

A Jedlik-féle beállítási paramétereket alkalmazva, a (4) egyenlet szerinti, s a Maple V. R 10 szimbolikus matematikai programmal előállított alakzatok igen jól egyeznek a Jedlik-készülék által rajzoltakkal (14.b ábra).

## Guilloche-minták a bankjegyeken

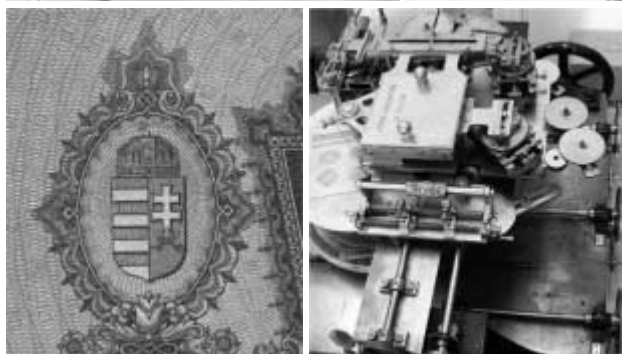
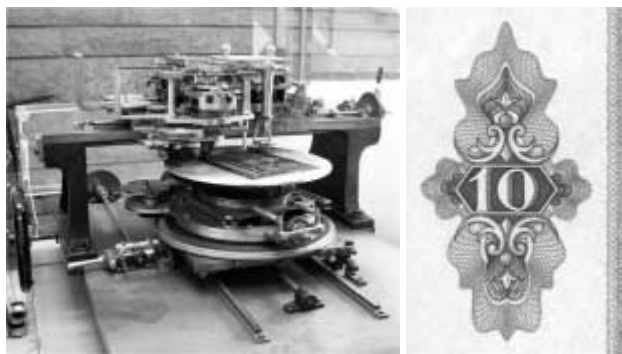
A cikloidális és Lissajous-görbék látványos, bonyolult szövevényességű alakzatai érdekes gyakorlati alkalmazást nyerne a Guilloche-technikában. A Guilloche-mintákhoz hasonló díszítő alakzatok már némely, az ókorban készült tárgyakon is felfedezhetők.

A 17. századtól kezdődően mind finomabb kidolgozású, gépi minták eleinte ékszerek, drága fegyverek, dísztárgyak felületeit ékesítették, majd a bankjegyeknél és más, hamisítás ellen védeni szándékozott nyomtatványoknál (bélyegek, részvények, kötvények) is jól használhatónak bizonyultak.

A Magyar Nemzeti Bank 1922-ben alapította a hazai Pénzjegynyomda Rt. jogelőd vállalatát; 1923–25 között épült a vállalatnak ma is otthont adó Markó utcai üzem. Az első világháború végére tökéletesen elértéktelenedő koronát felváltó pengő bankjegyeinek megtervezésében és gyártásában a vállalat szakemberei 1926–29 között igen komoly fejlesztést végeztek. A második világháború után bekövetkezett – a történelemben a legnagyobb – infláció a nyomdától minden korábbinál intenzívebb munkát követelt. A napról napra megjelenő, irreális címletű bankjegyek tömeggyártása után a forint megtervezése és előállítása 1946-ban kezdődött meg.

A Pénzjegynyomdában őrzött, védett műszaki emlék az egykori német Natherny cég gyártmánya, vélhetőleg az 1900-as évek elején készült, és sok évtizeden keresztül állította elő pengő, majd forint bankjegyeink, a békekölcsön jegyek, postabélyegek stb. nyomólemezein a biztonsági és díszítő mintázatokat. A tengelyek, hengeres és kúpos fogaskerekek, fogasléc, csiga- és csavarkerék hajtások, menetes orsók rendkívül bonyolult rendszere több, forgó és haladó mozgás alkalmasan egybehangolt összetételével állította elő a rézlemez vékony viaszrétegét karcoló tű pályáját (15. ábra).

A matematikailag szabatos, periodikus függvény-minták alakját és méreteit a gép megannyi beállítási lehetősége biztosította. A cserélhető fogaskerékkészlet különféle darabjait a megfelelő tengelyekre szerelve, a szabályozó csavarorsókat más-más értékekre beállítva az összetevő mozgások pályasugarai, haladó és forgási szögsebességei változtak. Ezzel a sáv- és rozettaminták formái és vonalsűrűségei módosultak. A mai kulcsmásoló gépekhez hasonló módon, egy mesterdarab letapintásával feliratokat is lehetett a rézlemezre vinni.



15. ábra. A Pénzjegynyomdában használt biztonsági és díszítő mintázatokat előállító rajzgép és a vele készült pénzjegyek részletei.

A gépen több hónapos munkával készült el egy nyomólemez: a „gilosminták” pontos alakját ugyanis nem lehet szabatosan előre megtervezni. A beállítási paraméterek igen kis módosításával a rajz alakja és méretei nagymértékben változnak. A sok évtizeden keresztül használt gépet két-három szakember ismerte és kezelte: ők szakmai titkaikat egy-egy tehetséges utód betanításával, nemzedékről nemzedékre adták tovább. Ma a Pénzjegynyomda régi gépén hajdan még dolgozó utolsó „gilosőr” (a gépet kezelő szakember) sem él már.

## Rezgések egy másik világból...

1848-ban az amerikai Hydesville-ben a Fox nővérek felfedezték, hogy a ráhelyezett, összeérő kezükkel könnyedén érintett kis asztal – külső hatás nélkül – mozgásba jöhet. Az asztaltáncoltatás divatja mihamar elterjedt az egész civilizált világban; sőt a szellemvilág kopogó üzeneteinek megfejtésére különféle ravasz (pl. a táblajátékokhoz hasonló) segédeszközök is mihamar forgalomba kerültek.

Az „asztaljártatás” tudományos vizsgálata – talán elsőként – a magyar fővárosban történt meg. A *Pesti Napló* 1853. április 14-i és május 1-jei számában Jedlik Ányos, az egyetem természettani tanára színes ismertetést ad ilyen tárgyú kísérleteiről.

Tapasztalata szerint: „egy asztal, melyre a körülötte ülő személyek kezeitek akkép helyezik, miként mind-egyik személy hüvelykjei egymással, balkezi kis ujjá a bal felül, a jobb kezi kis ujjá pedig a jobb felül ülő személy kis ujjával jól érintkezvén a kezek által körülbelül 1-2 óráig zárt láncolat képeztessék, önkényes mozgásba jő, mintha bűvös erők izgattatnék. Ezen csodálatra méltó tünemény előttem annál inkább hihetetlennek látszott, minél kevésbé lehete azt az eddig ismert természeti erők hatásából következtetni; de nemsokára alkalmam lőn e meglepő tünemény valódiságáról teljesen meggyőződnöm.”

Ugyanis: „...az angol kisasszonyok nevelő intézetében tartott delejes kísérleteim közben a n. fejedelem asszony által az említett tünemény mibenlétéről kérdezettvén ... javaslám, hogy a számos növendék kisasszonyok idősbjei közül néhányan vállalkoznának az említett meglepő tünemények előidézésére”.

Az első kísérlet oly jól sikerült, hogy „Az örvendő kisasszonyok mindaddig hagyták az asztalt kezeik alatt nyugtalankodni, míg annak (...) gyöngye lábai össze nem törtek”.

Másnap a vizsgálatot új asztallal és egy székkal megismételték. „Egy óra lefolyta után a kis asztal lassu mozgással önkényt oly helyzetet vőn, melyben hossza éjszaknyugot felé vala irányozva. Ebben a helyzetben azonban nem sokáig maradt; mert majd az egyik,

majd a másik oldalra dűledezett, majd egyik majd a másik végével ágaskodott, többnyire két lábon, de némelykor egy lábon is állott, mindenkor mintegy feldűlni törekedvén, s valóban többször fel is dűlt volna, ha a körülállók által fel nem tartatik vala; utóbb meglehetősen sebességű forgási mozgásba is jött. Mind-ezen mozgásokat egymás után váltogatván a teremben minden irányban kalandozott, értetődően nem magára hagyatva, hanem a felső felületét gyöngéden érintő kezek által képzett láncolat hatása alatt.”

A bizarr jelenségre hamarosan frappáns magyarázat is született: „...az emberek tagjai idegrendszerének izgékonyságához képest előbb vagy utóbb reszkető mozgást vesznek fel, ha folytonosan valamely kényelmetlen helyzetben tartatnak. Midőn a kezek reszketése már valamennyire növekedett, a láncolatot alakító kezeknek különirányú reszketései a rezgő testek rezgéseinek egymáshoz alkalmazkodási szabálya szerint lassanként összehangzókká, az az egyidősekké (és egyenirányuakká) lesznek, s mint ilyenek egy eredő erőt (vis resultans) állítanak elő, mely az asztal megmozdítására már elégséges... Ha a kezek reszketései aképp egyezkednek egymással, hogy mindannyian egy eredő erő létesítésére öszmunkálkodjanak, akkor az asztalnak ezen eredő irányában haladnia kell.”

Az okfejtést lakonikus szerkesztői kommentár zárja: „S e sorokkal bezárjuk ezuttal az asztaltáncz kérdését, arra kérvén tisztelt levelezőink s dolgozó társainkat, miszerint mindaddig, míg valamely felette fontos tapasztalás a jelen nézeteket megczáfolni nem képes-e tekintetben magukat további tudósításokkal fásztani ne méltóztassanak.”

## A FIZIKA TANÍTÁSA

# HERTZ-KÍSÉRLETEK VIDEOMAGNÓVAL?

Rárosi Ferenc, Papp Katalin  
SZTE, Kísérleti Fizikai Tanszék

A rádiófrekvenciás tartományba eső elektromágneses hullámok terjedésének kísérleti tanulmányozása iskolai szituációban nagy kihívást jelent. A kísérleti bemutatáshoz szükségünk van egy adókészülékre, antennákra és egy vevőre. Az adókészülék hagyományosan erre a célra gyártott nagyfrekvenciás oszcillátor, a vevőkészülék hangolt rezgőkör. A kísérlet sikeréhez fontos a megbízható adókészülék, rendkívül kritikus tényező az antennák megválasztása és a vevő rezgőkör jó hangolása. Ezek az eszközök, különösen egy megbízható adókészülék sajnos kevés iskolában állnak rendelkezésre, így a kísérleti szemléltetés rendszerint elmarad, és az amúgy sem könnyű anyagrészt gyakran kísérlet nélkül, elméleti úton tárgyalják.

Vannak azonban környezetünkben olyan eszközök, amelyek segíthetnek a tananyagrészt szemléltet-

séhez. Például hétköznapi szórakoztatóelektronikai berendezésekkel könnyen készíthetünk megbízhatóan működő és látványos demonstrációs eszközt, megoldást jelenthet egy videomagnó és egy televíziókészülék alkalmazása.

## Miért alkalmas a videomagnó adókészüléknek? (technikai feltételek)

Amikor egy televíziót és egy képmagnót csatlakoztatunk, az alábbi egyszerű elvárásaink vannak:

- Akármilyen televíziókn is van, a képmagnót össze lehessen vele kapcsolni.
- A képmagnó rendelkezzen önálló tunerrel (itt rögzítésre is alkalmas videomagnóról beszélünk, ezt a