

Tisztelt látogató!

Az alábbiakban néhány fénykép és pdf felvillantásával valamint egy-egy kis magyarázattal szeretném bemutatni a Fizikum majd' negyedszázados történetét ([szimbolikusan így képzeltem el](#)). A Fizikum nagyon sok, de számomra igen kellemes munkával jött létre, a megoldás sikere mindennél többet ért. A létrejött eredmény a tanításban nagyon sokat segített. Az Adyba való megérkezésem óta megpróbáltam betartani a fizikatanári életem szavakban is megfogalmazott lényegét: **„A kísérletek nélküli fizika nem több egy érthetetlen képletgyűjteménynél!”** A kis képekre kattintva kinagyítnak, esetleg megnézzük a tartalmukat.

A Fizikum építésének kezdetei. 1987 tavaszán Pap László, iskolánk akkori igazgatója megkért, hogy segítsék egy modern Fizikum létrehozásában. Azonnal igent mondtam, szívesen elvállaltam. Megkezdődtek a tervezetések, az álmódosítások a kor lehetőségei és anyagi keretei között. Mivel ez a keret igen szűkösnek bizonyult, saját koncepciójú berendezéseket terveztem és készítettem, vásárlásról szó sem lehetett. A modern technikát a számítógép és a már megépített, de csak később (1989) szabadalmazott interfész (PIO), meg a hozzákapcsolt mindenféle saját fejlesztésű mérőeszköz jelentette. A bemutató, illetve a csoportos fizikai kísérletek vezérlője és a mérőeszközök adatainak automatikus begyűjtője a számítógép-interfész kettős volt. Az adatok értelmezése azonban a diákok feladata maradt. A kísérletek vezérlésére és az adatok feldolgozására számos software-t írtam. Természetesen, a modern technika használata mellett a klasszikus kísérleteket továbbra is elvégezhetjük, a számítógépes mérések a pontosságot és a hihetetlenül gyors mérési adat begyűjtést jelentették.

GIREP Konferencia. 2019-ben Budapesten tartották, a következő Vietnámban lett volna, de a Covid elfújta, 2021-ben mégis ott tartották meg. A GIREP egy nemzetközi, fizikatanárokat tömörítő szervezet, a fizikaoktatás kérdéseivel foglalkoznak. Agyenge angoltudásom miatt nem mertem elmenni a konferenciára, de a Fizikumról és a stroboszkópos képeimről szóló anyagokat elfogadták, azóta is fenn vannak honlapjukon.

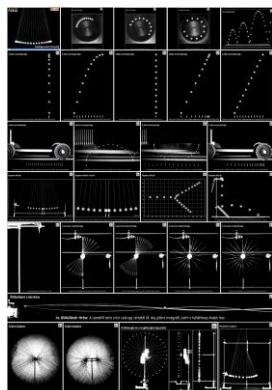
Stroboszkópos fényképekkel támogatott fizikórák az Ady Fizikumában. A '70-es évek közepén két teljes tanévben fizikát tanítottam egy marokkói francia nyelvű arab líceumban. Hazafelé jövet, Spanyolországban az Altamira-barlang sok ezer éves falfestményeit csodálva, egy nyolclábú vaddisznóra lettem figyelmes. Rögtön beugrott a stroboszkópos képek alkalmazása a fizikatanításban. Már az elemiben és a középiskolában is foglalkoztam elektronikával, sok elektronikai eszközt készítettem, így a hazaérkezésem után azonnal egy egyszerű elektronikus stroboszkópot terveztem, és meg is építettem. Boldogan kattintgattam, mindent lefényképeztem, ami mozgott, de a képek nem feleltek meg a *„Dolgozni csak pontosan, szépen, ahogy a csillag megy az égen, úgy érdemes”* általam szentnek tartott követelményrendszernek.

Az akkori stroboszkópok villantásai a kísérlet indítási időpontjától függetlenül jöttek létre, ezért az első villantást szinkronizáltam a kísérlet indításának pillanatával, azaz maga a stroboszkóp indította el a kísérletet is. Másként szólva, szinkronizáltam a két folyamat indítási időpillanatát, ezután minden ment a maga, ellenőrizhetetlen útján. A kísérletnek „joga volt” ehhez, de az önjáró stroboszkóp villantási időközeinek pontossága, a villantási időköz szabályozásának finomsága, valamint a stabilitása sok kívánnivalót hagyott maga után. A '90-es évek legelején az 1977-ben megépített elektronikus stroboszkóp számítógép-vezérlést is kapott, ezután egyedül a PC felpörgetett időzítője (*sikerült mintegy 55-szörösen gyorsabbá tettem*) adta a villantások és minden más vezérlés kvarcpontosságú ütemjelét. A pálya viszonylagosságának a bemutatására [egy számítógép-vezérelt fényképezőkocsit építettem](#). Még nem létezett a PhotoShop, ezért a tetszetős képkivágásokat fotókapukkal oldottam meg. Ezt a pontosságot csakis az elektronikus fotókapuk biztosíthatták.

Stroboszkópos képeket bemutató szórólapok. Az album egyes képeit igen nehéz elfogadni. Minden kép alján van egy rövidke komment, a képen látható jelenségről, a kép egyes paramétereiről. A kommentek segítenek a kép üzenetének a megértésében.

Öt módon fényképezett szabadesés. Ez a képsor ugyanazt a szabadesést mutatja az álló és a jobbra elmozduló megfigyelő szemével. A „szem” egy fényképezőgép, amely egy számítógép-vezérelt fényképezőkocsiban van, és szinkronban mozog a szabadeséssel. Agyakorlat azt mutatja, hogy szinte mindenki éppen fordítva képzelel el a fényképezőkocsi elmozdulását.

Egy fekete kerék peremén levő fehér petty pályája. Az egyenletes mozgású kocsi kerekén levő pettyet az megfigyelő cikloisnak látja a vele szinkronban elmozduló pedig egyenletes körmozgásnak. A gyorsuló rendszerben ugyanez már nehezen magyarázható (*pontosan fordítva képzeltem el, azt hittem rosszul tettem a filmet a nagyítóba*). A szórólapon ott van a magyarázat is.



Néhány szó a stroboszkópos fényképeimről. A kezdeti nehézségek után az igen komplex számítógép-vezérelt stroboszkópos berendezéssel lefényképeztem az elemi mozgásokat, a tehetetlenséggel kapcsolatos alapvető kísérleteket, az ütközéseket, a rezgéseket, a hullámokat, a hullámjelenségeket. Különleges figyelmet fordítottam a pálya viszonylagosságának bemutatására. Igazi stroboszkópos csemege a mozgásfüggvény inverz-függvénye szerinti villantási időközszel való fényképezés, amelynek szigorúan egyenletes mozgást kellene mutatnia, de az indító elektromágnes remanenciája miatti késés pályatorzulást okoz. A pályatorzulás mértékéből visszaszámíthatjuk a torzulás okát.

A szabadesés mérőközpontja. A Fizikum emblemikus mérőberendezése, 1989 óta készül. A szabadeséses kísérletei mnél az időmérést igen pontosnak hittem, mindig a távolságok meghatározásának a pontatlansága volt a baj, ezért az „Înfrățirea” szerszámgépgyárban dolgozó mérnök baráttal egy 1500 mm-es tolómérőt hoztunk létre. A nagyon ügyesen megoldott fénysorompótartó nőni u-sza 0,02 mm-es volt. Később, igen sok pénzért egy 1400 mm-es optikai mérőléc-intarzia került beszerelésre, a nőniust felváltotta egy μm felbontású leolvasó mikroszkóp. A két fénysorompós megoldás hibáját már ismertem, ezért három fénysorompóval kezdtem, amelynél a számítási képletben már nem szerepel az első fénysorompó és a golyó „csúcsa” közötti távolság.

Kiderült, hogy annak mértéke erősen befolyásolja a képlet pontatlanságát, ezért elvettem. Maradt az egy fénysorompós megoldás, de bejött az elektromágnes ismeretlen visszatartási ideje. Az Atomórához kalibrált nagy pontosságú mérőrendszert maga a számítógép üzemelteti, így pontosan tudható az elektromágnes kikapcsolására kiadott parancs számítógép órajelben mért időpontja. A fénysorompó metszési időpontja is ismert, így nagyon sok méréssel és egy matematikai bravúrral meghatározható az a pont, ahonnan, és amikor elindult a golyó. *Itt tartok most, de nincs Fizikum!*

A mérőközpont ejtő elektromágnes. Ha elektromágnes, elvárjuk, hogy tartalmazzon egy ferromágneses magot. Mivel már jól ismertem az EM visszatartását, kórosan kerültem mindenféle vasat, az egész egy alumínium tőkére épült. A tartószerkezet a függőleges helyzetet megtartva, igen finom vízszintes beállítást engedélyez. A 39,866 mm átmérőjű golyó egy 42 mm-es lyuk alján levő 35 mm-es érintő ferde csíkba ütközik, így nem súrlódhat a lyuk falán. Ennyire pontos és elővigyázatos tervezés után mégis kicseréltem az elektromágnest. Egy tesztelő kísérletben azt szerettem volna megtudni, hogy a mechanikai beállítások mennyire stabilak az időben. Az első fénysorompót közvetlenül a golyó alá helyeztem és sok száz mérésben szerettem volna meghatározni a két fénysorompó közötti esési idő átlagát és szórását. A négyszázadik mérés körül a golyó már „nem fért be” az addigi helyére. Kiderült, hogy a tekercs annyira felmelegedett (kívül kéz-meleg, belül, a drótenállás alapján 85°C körüli), hogy a vasrúd megereszkedett. Ekkor készült el az [új elektromágnes](#), amely komoly hűtést és hőmérsékletmonitorozást is kapott.

Szuper-érzékeny fénysorompó. Egy nem mindig jelentkező hiba egy tökéletesnél is jobb megoldáshoz vezetett. Még a '90-es évek legelején az eredeti felépítésben a szabadesés utolsó fénysorompója egyszerűen nem érzékelte a kb. 5 m/s-mal zuhanó 40 mm-es golyót. Elmesztettem kézzel, és megismételtem a mérést. [A saját építésű kis oszcilloszkóppal](#) kimértem a takarási időt és a megjelent impulzust is. Kiderült, hogy a telítésbe vitt fotótranszisztor megvilágítás lassú csökkenése alatt nem képes válaszolni a munkapontja megváltoztatásával. Sokkal jobb lett helyzet, ha a fotótranszisztor munkapontját kiemeltem a telítésből, akkor pedig instabil lett a hőhatásokra.

Kitoltam vele: a megvilágító égő fényerejét optoelektronikai visszacsatolással úgy szabályoztam be, hogy néhány mV-tal kerüljön a billenési szint alá. Ezután nemcsak a 10 m/s-mal keringő 0,15 mm-es drótot, de a hajszál is érzékelte.

Miniszabadesés. Akármennyire is fejlesztettem a precíziós méréseket a szabadeséssel kapcsolatban, a légellenállással nem tudtam megbirkózni. Ennyire változó sebességnél sem a $k \cdot v$, sem a $C \cdot v^2$ -es formájú légellenállási erő nem tudta helyesen leírni a légellenállás hatását az egész esésre. Csupán mérés technikai szempontból egy olyan erőt képzeltem el, amely változóan hat az esés során: $F(v) = A \cdot v^2 + B \cdot v$. A mozgás egyenlet integrálása sikerült, de a három ismeretlenhez három egyenletet kellett felírnom az A , a B és a g ismeretlenekkel. Egy transzcendens egyenletrendszerhez jutottam, amelyet numerikusan sem tudtam megoldani, mert csak egy ismeretlen, a g volt explicitálható. Reménytelennek tűnt, lemondtam róla. A teljes számítás megtalálható a Fizikumot bemutató, [megjelenés előtt álló könyvemben](#).

Teljesen más úton indultam el! Elvettem az ok tanulmányozását, kísérletező lévén a mért következményt próbáltam tovább értelmezni. Feltételeztem, hogy a sebesség (csupán megfontolásokból) nem lineárisan, esetleg másod- vagy harmadfokú módon függ az időtől: $v(t) = P \cdot t^2 + Q \cdot t$. A P és a Q nagy pontossággal meghatározható a számtalan mérésre illesztett másodfokú görbe együtthatóiból. Ehhez az elképzeléshez építettem egy sebességszondás „miniszabadesést”, és azzal próbálom meghatározni a $v(t)$ függvény numerikus formáját.

Ha deriváljuk a fenti sebességfüggvényt, akkor a szabadtag éppen a gyorsulás nyugalmi értéke lesz, azaz éppen a nyugalmi nehézségi gyorsulás. A siker titka abban áll, hogy nem egy nehéz differenciálegyenletet integráltam, hanem sima deriválással leegyszerűsítettem a képleteket.

Profi fonálinga. Itt is egy véletlen vezetett a tökéletes megoldáshoz. A mérőszoftver otthoni tesztelésekor egy egyszerű állványra állítottam össze a fonálingát fotókapuval és megfogó elektromágnessel. Féltem az ellipszisinga kialakulásától, ezért az elengedés után hagytam lengeni néhányat, csak azután kezdtem mérni a periódusidőt. Három periódus üresben és 7-8-10 periódus mérve. Ezeket induláskor kellett megadnom. Nem számoltam tehetetlenségi nyomatékot, szögamplitúdót, de a periódust kicsinek találtam. Egyszer ugyanazokat a számokat véletlenül fordítva adtam meg, és a g értéke lényegesen megnőtt. Megismételtem, ugyanaz. Kiderült, hogy az EM remanenciája a visszaérkezés utáni induláskor lefékezi a golyót, nő a periódus, így csökken a kiszámított g. Elengedés után elfordítottam az elektromágnest, bebizonyosodott az EM visszatartása. Ezután egy [csupa réz és alumínium EM](#) készült, a precíziós beállításokhoz [fecskéfarkú, teljesen lötyögésmentes](#) megoldással. Egy [szárlögzítővel](#) megcsapoltam a fonál aktív hosszát, így sikerült [tizedfokperccel pontosabbá beállítanom a szögamplitúdót](#).



Szám- és számítógép-vezérelt impulzusüzemű táp (1985). A Fizikum egyik alapkészüléke, segítségével egy-egy egész osztállyal számtalan laborgyakorlatot végeztünk, de egyedi, bemutató laborgyakorlatokban is sokszor szerepelt. Nagyon hasznos a ± 5 V és a ± 15 V táp, mindegyik 5 A áramot képes leadni. A terhelés növelésekor biztonságos áramgenerátoros üzemmódba kerül, pirosba vált a megfelelő zöld LED, és megszólal egy ti-tá vészcsengő. Elhárítjuk a hibát, és folytatódik a laborgyakorlat. A számítógép-vezérelt tápot a [voltamperes karakterisztikához](#), a szabadesés elektromágnesének táplálásához (*programozható az elengedés finomsága*), [a felharmonikusok szintéziséhez](#) és sok másra használtuk.



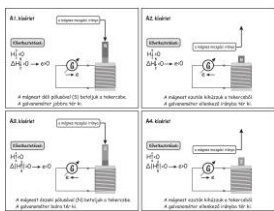
A szabadesés kísérletes tanítása a nagyváradi Ady Fizikumában. Még 1976-ban, a ferde torony közelében született meg a gondolat: otthon én is megmértem a nehézségi gyorsulást! Mivel a Fizikumban csak méternyi magasságokról lehetett szó, ezért az ezredmásodperceket is mérni képes [analóg kronométert](#) készítettem, és szabadalmaztattam (1981). Habár a műszer igen jól mért, a g mégsem akarta elérni a szabványos értéket, különösen a kis magasságoknál volt baj. Lassan kiderült, hogy két fénySOROMPÓVAL nem is lehet helyesen mérni, mert képtelenség pontosan a golyó alá helyezni az első fénySOROMPÓT. A kimaradt néhány tized mm-nek megfelelő esési idő végleges elvesztése óriási hibákat okozott.



Fedezzük fel az elektromágneses indukciót (prezentáció zenei aláfestéssel). Szeretném megmutatni azt az általam elképzelt gondolkodási utat, amelyet Michael Faraday járhatott be (*mintegy 10 év alatt*) az elektromágneses indukció felfedezéséig (1831), majd a jelenség nagyon mély tanulmányozásáig. A kor tudományos gondolkodására jellemző volt a görögöktől származó reciprocitási elv, amely feltételezte, hogy minden jelenség **OK-OKOZAT** rendszere fordítva is igaz. Ebből a nem mindenre alkalmazható elvből kiindulva, majd azt kijavítva, jutott el Faraday az elektromágneses indukció felfedezéséig. A bemutatásra kerülő elemi kísérletek egyre tárgítják az **OK** fogalmi körét, de mindig ugyanazt a jelenséget, **OKOZAT** hozzák létre. A mintegy harminc elemi kísérlet látszólagos hasonlóságából származó egyhangúságot, a mindig nagyon hasonlóan megszólaló, de mindig más **Bolero**-val igyekeztem feloldani-mélyíteni. **Fontos: a lejátszás előtt, kérem, olvassák el és tartsák be a bevezetőkép legalsó sorát!**



Fedezzük fel az elektromágneses indukciót (részletes magyarázat). A mindenkori, a témával kapcsolatos fizikaóráimhoz hasonlóan, **hat kísérletsorozatban** fogjuk tanulmányozni a mágneses tér és egy kis tekercs fizikai szempontból lehetséges kölcsönös helyzeteiből adódó jelenségeket. Egyre bővítve a jelenséget létrehozó fizikai mennyiségek körét (**okok**), az addig már „felfedezetteket” állandó értéken tartva, megvizsgáljuk az újabb mennyiség változásának hatását a jelenségre (**okozat**). Mindig abból a helyzetből indulunk ki, hogy a jelenséget okozó újabb mennyiség nem változik, értéke állandó, és természetesen, nem észlelünk semmit, pedig megváltoztatjuk a mágneses tér irányát is (*Faraday első tíz éve*). Ezután az új mennyiség nagyságát növelve és csökkentve, majd irányát megváltoztatva (ezek vektoriális mágneses terek) még négy elemi kísérletet végzünk el. Minden esetben megfigyeljük a tekercsben keltett feszültség nagyságát és polaritását, illetve a fizikai mennyiség változási sebességének hatását a keltett feszültségre.



Számítógépes időközmérés az Ady Endre Líceum Fizikumában. Az évek során több típusú (számítógépes) időközmérési lehetőséget dolgoztam ki, ebben a prezentációban ezekről szeretnék röviden beszámolni. Engem mindig a meredek megoldások kipróbálása a hibák keresése és megtalálása érdekelt, erről szól ez az összefoglaló is. Már a kezdetekben a PC printerportjának belső, μ s-os nagyságrendű ciklusidejét használtam időalapként, ez tízszeres pontosságot hozott az elektronikus időközmérés számított értékei másolásából született 100 kHz-es időalapokhoz képest. Egyes mechanikai kísérletekben már nem volt elég ez a felbontás és pontosság sem. Váltottam, mert sikerült kiolvasnom a mikroprocesszor (μ P) órajelét, ami három nagyságrenddel is jobb felbontást ígért. Mindkét módszer eredete visszavezethető a μ P órajelkvarcához, mégis lényeges a mérési felbontásuk óriási különbsége. Ezt az utóbbi módszert „megfejtetem” egy közvetlen Atomórás kalibrálási és felületeleti kapcsolattal, így a pontos-



ság és a stabilitás tényleg az előbbiekének ezerszeresére nőtt. Ezután néhány ppb pontossággal tudtam megmérni a Fizikumban előforduló mechanikai mozgásokból származó rövid időközöket (szabadesés, számítógép-vezérelt ferdesík, rugalmas inga, fonálinga). Az évek során több típusú (számítógépes) időközmérési lehetőséget dolgoztam ki, ebben a prezentációban ezekről szeretnék röviden beszámolni. Engem mindig a meredek megoldások kipróbálása a hibák keresése és megtalálása érdekelt, erről szól ez az összefoglaló is.

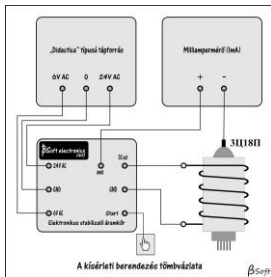


Az elektron fajlagos töltésének meghatározása a magnetron módszerrel (14 mérőhely). Egy vákuumdióda katódjából kis sebességű elektronok lépnek ki, és egy gyenge elektromos térben felgyorsulva az anód felé tartanak. Az elektronok az egyidejű transzverzális mágneses térben a Lorentz-erő hatására egy körívet írnak le. A pálya görbületi sugara összefüggésben áll a mágneses tér intenzitásával. A mágneses tér növelése esetén a görbületi sugár csökken, majd egy kritikus érték felett az elektronok többé már nem érik el az anódot, az anódiáram hirtelen lecsökken. Az elektroncső fizikai felépítése alapján meghatározható a legkisebb körpálya mérete, illetve innen kiszámítható az e/m . A fajlagos töltés meghatározásának ezt a módját magnetron-módszernek nevezték el.



osztályban írt témazáró ellenőrződolgozatok nagy része.

A szabadesés kísérletes tanítása a nagyváradi Ady Fizikumában (8 mérőhely). Több évtizedes fizikatanári pályafutásom alatt mindig előnyben részesítettem az órákon végzett fizikai kísérleteket. Egy-egy fejezet mélyebb megértéséhez nélkülözhetetlen a témazáró, az egész osztály részvételével elvégzett laborgyakorlat. A gyakorlat befejezése után a diákok útbaigazítást kapnak a mérési eredmények értelmezéséhez, a referátum elkészítéséhez. A csak kézzel írt dolgozatok nemegyszer 15-20 oldalas tanulmányokká „dagadnak” és a tanár számára igazi élményt jelent az átnézésük, javításuk. Ezek a dolgozatok sokszorosan jobbak és egyedibbek, mint az



Az elektron fajlagos töltésének meghatározása az Ady Fizikumában (FSz 2010/7-8). Az elektron fajlagos töltése meghatározásának igen sok módszere ismert, a legtöbb berendezés a ketős eltérítés elvét alkalmazza együttes elektromos és mágneses terekben. Az elektron által leírt pályából, vagy egy ismert pályára kényszerítés feltételeiből kiszámíthatjuk az e/m -t, a fajlagos töltést. Az itt bemutatásra kerülő kísérletnek abban rejlik az igazi szépsége, hogy látszólag mindent jól mérünk, de a kapott érték mégis, szinte **egy nagyságrenddel eltér** az irodalomban elfogadott értéktől. A jövő fizikuspalántáinak, a mérések elvégzésén kívül az a feladata, hogy **csak a kísérletek alapján, találják meg a hiba okait**. Az iskolai laboratóriumi gyakorlat előtt egy sor részkísérletet is bemutatok, ezek egy része nagyon munkaigényes, illetve nincs elég készülék az egész osztállyal való kísérletezéshez. Itt mindegyik kísérlet bemutatásra kerül, a kapcsolási rajzokkal együtt (talán érdekesnek ígérkezik, a középiskolai körülmények között a tízed μA -es áramok három számjegyes mérése).



Laborgyakorlat lencsékkel (8 mérőhely). Az évek során a Fizikumban számtalan laborgyakorlatot végeztünk. Az egyik igen egyszerű, a diákok által kedvelt kísérlet a lencsék képalkotásának tanulmányozása volt. Szemüveglencséket használtunk, ezeket egy-egy négyzet alakú farámba helyeztük. Nyolc műhely alakult ki, mindegyik csoportnak három különböző, színes szigetelőszalaggal jelzett lencse jutott. Egy megfelelő magasságra helyezett kicsi gyertya volt a tárgy, egy doboz teteje pedig az ernyő. A teljes sötétségben halk háttérzenét is engedélyeztem...

A kísérleti feladat tanári szintű megoldása. A laborgyakorlatban tárgyként egy kis izzólámpát használtunk (6,3V, 0,3A), amelynek még a nappali világítás mellett is elegendő a fényereje a kontrasztos képek létrehozásához. Az égőnek további előnye, hogy maga az izzószáll igen kicsi, így gond nélkül be tudjuk tartani a Gaussi approximációkat, az izzószáll fordított „V” alakja pedig segít a kép irányának megállapításában. Az égő foglalatát úgy állítottam be, hogy az izzószáll síkja merőleges legyen a lencsék közös optikai tengelyére. A rendszert a célnak megfelelő pontossággal centráltam, így megismételhető méréseket végezhettem el. Egy professzionális stabilizált táp segítségével sikerült úgy beállítanom az égő fényerejét, hogy a végső kép kontrasztja megfelelő legyen. A meghatározások pontosságának növelése érdekében a végső képet mindig az izzószállra fókuszáltam. Ehhez a kísérlethez használt szemüveglencsék fókusztávolságait, még a rájuk való helyezés előtt úgy válogattam ki, hogy a fényforrás és a végső kép közötti távolság kisebb legyen az asztal hosszánál.



Egyszerű kísérlet rugalmas ingával (FSz 2016/7-8). A feladat kiírásában nem fogalmazták meg a követelményeket, de a kísérlet bemutatásakor mégis adtak egy ötletet: *lehetséges, hogy az iskolában tanult elméletek itt nem alkalmazhatók teljes mértékben, hiszen ezeket egyszerűsített modellek alapján vezették le.* Mivel a jól ismert periódusképlet igen egyszerű, esetleg hiányozhat belőle egy eddig elhanyagolt tag. Az elméleti számításokban azt a tényt eddig nem vettük figyelembe, hogy a k rugalmassági állandó a rugót nem jellemzi teljes egészében. Egyenletes tekeréscsélés esetében, a rugó anyagi pontjai sebességének eloszlása lineárisan változik a rugó tengelye mentén. Ebben az esetben kiszámíthatjuk a rugó mindegyik pontjának a sebességét. Meg kell találnunk ennek az energiának az eredetét, mert az energiáttranszfer befolyásolhatja a rezgés periódusát. Mindezek ellenére a kép-let az iskolai laboratóriumok lehetőségeinek megfelelő pontosságú értéket ad, a papír meg úgys mindent kibír.

Egy fekete doboz szerkezetének megfejtése (FSz 2017/7-8; 56-66 oldal). A fekete-dobozban, egy passzív áramköri elemekből megépített kétpólust rejtettem el. Ennek voltamperes karakterisztikája alapján kell megfejtetni a belső kapcsolási rajtot. A feladat látszólag igen egyszerű, mert az adatok elsődleges ábrázolásakor a pozitív ágba egy parabolaszzerű görbét, a negatív ágba pedig egy kezdeti pici görbülettel induló, de igen meredek egyenest kapunk. A „megoldás” azonnali: a pozitív ágba egy nemlineáris elem, a negatív ágba egy félvezető dióda van! Mindkét állítás hibás, ez csak a felületes adatfeldolgozás eredménye. Ha fekete dobozt dipólusként fogjuk fel, és felvesszük a voltamperes karakterisztikákat, könnyen előtűnik a fekete doboz szerkezete.



Kísérletek nemlineáris anyagokkal a nagyváradi Ady Endre Líceum Fizikumában (14 mérőhelyes laborgyakorlat). A változó előmágnesezésre helyezett gyenge váltóárammal (50 Hz, 20 ms) valójában végigderiváljuk a transzformátor vasanyagának $B = f(I_1)$ mágnesezési görbét. A mágnesezési görbe változó meredeksége okozta csökkenő ΔB által indukált feszültségben benne van a mágneses indukció változási sebessége is. Az előmágnesezéstől függő fluxusváltozás sebességének az integrálja éppen a keresett mágnesezési görbe első szakasza. Egy kis fizikai-matematikai bravúrral, a deriválás és integrálás szavakat ki sem ejtve könnyen megszerkeszthető a mágnesezési görbe eleje. Két pontban „mértük” a mágnesezési görbe meredekségét az egyenáramú mágneses térre szuperponált ± 50 mA szinuszos áramváltozásra. A mérőtekercsben indukált feszültség a két esetben lényegesen különbözik egymástól, a nagyobb előmágnesező áramnál majdnem a fele a gyengébb áramnál mérténél. Ez egyértelmű következménye a telítődési folyamat megkezdésének, a mágneses indukció lassúbb növekedésének. Az előmágnesezés függvényében a mérőtekercsben mért indukált feszültség nagysága egyértelmű kapcsolatban áll a mágnesezési görbe formájával, vagyis bizonyára kimutatható a mágneses indukció telítődése. *Az külön érdekesség, hogy a növekvő előmágnesezési áram (az ok) egy kisebb indukált feszültséget (az okozat) hoz létre. Semmi különlegesség, itt nemlineáris elemekről van szó!*



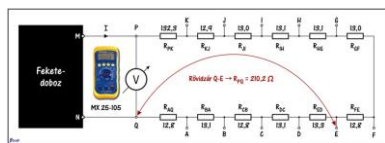
Laborgyakorlat intrinszik félvezetővel (8 mérőhelyes laborgyakorlat és adatfeldolgozási feladat a XXV. Schwartz Emlékversenyen). Néhány szubjektív emlék a Fizikumában végzett laborgyakorlat alatti hangulatról. Bár a mérések igen egyszerűek, de mégis nagyon fárasztóak az állandó keverés, a hőmérő figyelése, a rengeteg mérőpont és az ebből eredő monotonía miatt. A laborgyakorlat hangulata mégis csodálatos! A sok füstölő, és nemigen illatos, 120 fokos olajjal tele pohár, a leolvasások megkezdésére adott egyedi hangok, jelek, koppantások, az adatok közlése igazi munkahangulatot ad. Ezt, a tanárnak oly kedves munkamorajt, egy-egy szép háttér muzsikával (Vivalditól Chopin-en át Jean-Michel Jarre-ig) még kellemesebbé lehet tenni. A volt diákok mindig pozitívan emlékeznek erre a nagyon munkaigényes, de szép laborgyakorlatra. Az emlékversenyen nincs lehetőség az olajos mérések elvégzésére, az olaj jó tulajdonságainak kihasználására (a víznél kevésbé párolog, így sokkal lassabban hűl), de lesz egy-két, otthon is megismételhető kísérlet, az itt látható kísérletek között. A kép alatti linken a feladat mellett megtalálható a kísérlet tanári szintű megoldása is.



Rendhagyó fizikaóra az Ady Fizikumában. A postás-kutya uborkaszezoni sztoriban az az érdekes, amikor a postás harapja meg a kutyát. Itt is ez történik. Megfordítjuk a felállást, egy kiválasztott diák hónapokkal a tananyag bemutatása után az osztály és a meghívott tanárok, diákok és az újságíró előtt összefoglalja a speciális relativitáselmélet sarkköveit, a gyökerektől Hirosimáig. Mintha végtelen életet élne, a XIX. század elejétől végigjárja az elképzelt éter fejlődését, hittel bizonyítja az éter létét, örül a Fizeau-kísérlet sikerének, de kétségbeesik a Michelson-kísérlet sikertelensége miatt. Ráadásul az egy olyan, mindenféle eredmény nélküli kísérlet, amelyben semmi se történik, de ez azt jelenti, hogy a teljes akkori Fizika hibás. Einstein két, egymáshoz képest elmozduló viszonyítási rendszerben létrejövő események egyidejűsége viszonylagosságából kiindulva megfogalmazza az térköz és az időköz viszonylagosságát. Ebben az elképzelésben a tér és az idő relatív, a másik szemében a tér zsugorodik, és az idő kitágul. **Megismétlem, csak a másik szemében!** Az előadásban a diák lépésről lépésre feloldja az ellentmondás okát, és felépíti az új Fizikát, amely kis sebességeknél megegyezik a klasszikus Fizika kísérleti eredményeivel. Igen sikeres előadás volt! **A végeredmény:** a Fizeau-kísérlet, amely az éter létét igazolja, egyben a fél évszázaddal később megszülető relativitáselmélet első sikeres kísérlete is. Csak az eredmények azonosak, az okok teljesen mások!



Fekete dobozos laborgyakorlat az Ady Fizikumában (14 mérőhelyes laborgyakorlat és FIRKA – 2020-21/1). Mivel mérőműszert is kaptunk a kísérlethez, feltételezzük, hogy a fekete-dobozban valamilyen áramforrás van. A letakart doboz két vezetékét egy „ellenállásletrára” kötjük, és egy közepkategóriájú digitális mérőműszerrel állandóan mérjük a két vezeték közötti U_{PQ} feszültséget. Az ellenállásletra elemei $12\ \Omega$ -os ellenállásokból állnak, de mindegyiket külön-külön bemértük, és az értékeket felírtuk az elvi kapcsolási rajzra. A két végén csipesszel ellátott rövid vezetékkel (Rövidzár) rendre rövidre zárhatunk ellenállásokat, ellenállás csoportokat. *Egy komplex, eddig szavakban nem meghatározott feladat van kialakulóban.* A középiskolai fizikában sok feladat van az áramkörökkel kapcsolatban, ezeket – amennyiben elég adat áll rendelkezésünkre –, a Kirchhoff-törvényekkel meg is oldhatjuk. A helyes megoldás után csakis egy eredményt kapunk, a feladat mindig egy több ismeretlenes egyenletrendszer megoldáshoz vezet. Ez az egész nem több egy matematikai feladatnál, hiányzik belőle az áramkör működésének megérté-



se, de a kiszámított eredmény leírja az áramkör viselkedését. Ezt **áramkör analízisnek** nevezzük. Most az áramkör analízisnek a fordítottja fogalmazódik meg: ismerjük egy elrejtett áramkör viselkedését, határozzuk meg annak teljes szerkezetét. Ezt a feladatot **áramkör szintézisnek** nevezzük. Ki kell találnunk azt az áramkört, amely a méréseink szerint viselkedik. Itt van a buktató! A közlemény bemutatja a rejtett buktatót és a helyes megoldást is. „Gonosz módon” úgy választottam meg az alkatrészek értékeit, hogy az elvileg hibás megoldás is jónak tűnő számszerű eredményt produkáljon.

Számítógép-vezérelt konduktometriás titrálás (bemutató laborgyakorlat). A kísérlet legelső változata még 1987-ben jött létre, a ZX Spectrum idejében. Azóta többször kicseréltem a számítógépet és állandóan fejlesztem a mérőszoftvert, a kísérlet elve azonban nem változott. A mellékelt tömbvázlatról könnyen leolvashatjuk a mérés elvét. A titrálendő folyadék a pohárban, a titráló folyadék a büretta-ban van, onnan csepeg a pohárba. A cseppeket egy fotókapu segítségével számláljuk, a mérőszoftver azonnal mL-be konvertálja a már lecseppent folyadék összterfogatát. A mérés indításakor a számítógép bekapcsolja a mágneses keverőt, majd minden csepp után a mérőszonda segítségével megméri a folyadék vezetését, és ábrázolja a $G[mS]=f(V[mL])$ mérőpontokat. A titrálófolyadék összterfogatának kiszámításakor egy kalibrálási görbe alapján figyelembe veszi a folyadék egyre csökkenő nyomása miatti terfogatváltozást is. A mágneses keverő csak 3-4 csepp/s csepegési sebességet képes feldolgozni, ezért nem az Analóg-Digitális átalakító (A/D) frekvenciáját mérem 200 ms-ig, hanem az általa kibocsátott TTL jel sorozat a pillanatnyi időközzeit, ez csak néhány ms-ig tart. Eddig az újabb mérés akkor kezdődött el, ha egy leeső csepp a fotókapun és az Elektronikus kronométer interfészen keresztül jelzett a számítógépnek. Most nyugodtan várhatunk 120 ms-ot, addig elkeveredik az új csepp. A mérés függeszthető, vagy megállítható a büretta elzárásával. Az egyenértékpontnál a folyadék elszíntelenedik, a vezetési görbének minimuma van. A méréseket elmentjük a program által visszaolvasható formában és az Excel által elfogadható formátumban is.



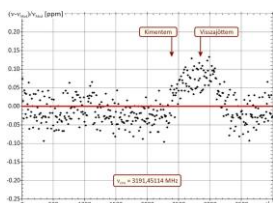
A számítógép-vezérelt fizikai kísérlet elve (saját fejlesztésű mérőrendszer). Ez egy 1985-ben megfogalmazott, 1989-ben szabadalmazott majd azóta fejlesztett mérőrendszeren alapuló fizikai kísérlet. A kiválasztott út egyedi és az akkori viszonyoknak felel meg, a mérés+bediktálás helyett magát a számítógépet „kértem fel”, hogy felügyelje-értelmezze a kísérletet és végezze el a mérést. *Ez valós időben történik.* A komplett, külső mérőeszközt **logikailag „kettévágtam”**, az egyszerűbb, a fizikai mennyiséget érzékelő **elektronikai** rész kívül maradt, az alkatrészigényes (*kvarcok*) értelmező és számító részt pedig **Assemblyben** a számítógépre bízam, hiszen abban minden rendelkezésre állt. Az első rész jeleit nem sikerült egyből bevinnem a számítógépbe, mert a személyi számítógépek elterjedésének kezdetén – a ’80-as évek közepén – az akkori PC-ket csak soros kommunikációra tervezték, így nem rendelkeztek párhuzamos portokkal. Mivel már a **ZX81** is támogatta a számítógép konzoljához való közvetlen elektronikai hozzáférést, 1987-ben egy kétirányú, egyportos interfészt építettem, majd a sikerén felbuzdulva hétportosra bővítettem, **létrejött a PIO!** Az addigi mérőkészülékeim jeleit immár be tudtam vinni a számítógépbe. Az első, valósidejű mérések öröme nem lehet leírni! *Egy teljesen új világ nyílt meg előttem!*



Az Electronics + Assembly képletű mérőrendszerem kompetitívitása. Ezt a mérőrendszert magam magamnak fejlesztettem ki, sohasem konkuráltam a mások által előállítottakkal. Amikor kiderült a „maradiságom”, ugyanis én a DOS alatti környezetben a μP -hoz legközelebb álló Assembly nyelvet használok, azonnal elítéltek, ósdiak tartottak. Próbáltam védekezni, de hogyan érveljek olyanokkal szemben, akik csak az operációs rendszer sorszáma nézik, nem a annak különleges lehetőségeit. Az Assemblyről nem hallottak, legfeljebb azt tudták, hogy nagyon régi. Vert, sőt kiűtött helyzetbe kerültem. Nekem szegezték a kérdést: miért DOS és miért nem Windows, vagy akár mi más, amiről ők is hallottak. Miért nem használom a modern (*jó drága*) USB-s eszközöket? Végre valami, amibe belekapaszkodhattam. Lássam, mit tud a konkurencia! Nem a sorszámkat, hanem legjobb USB-s eszköz (az ajánlaskor **fizikailag az orrom alá dugott**) paramétereit hasonlítottam össze az én rendszerem paramétereivel. Az eredményeket **ebben a táblázatban** foglaltam össze. Megállapítottam, hogy ameddig a nekem ajánlott eszközök nem érik el az én eszközeim performance-ának a 20%-át, addig meg se hallgatom a sok hozzá- nem-értő véleményét.

Software: Electronics + Assembly Time Stamp Counter (TSC) + GPSDO	
Number of simultaneously counters/timers	3 x 5/(8+4)
Resolution (correctly: data width)	64* bits
Internal base clocks	3520 MHz
Base clock accuracy (only GPSDO)	± 0.01 ppm
Base clock accuracy (Atomic Clock + GPSDO)	± 0.01 ppb
Maximum counting rate (limited by LPT)	1.5 MS/s
Data transfers	Not necessary
Resolution of time interval measurement	3520 μs
Calculated value: 2*13.52 GHz = 5 240 552 293,67 s	
Maximum measurable time interval	166 years

Egy véletlen kísérleti eredmény igen pozitív következményekkel. *Megint a véletlen segített!* Komolyabb mérésekhez készültem, ezért meg kellett határoznom a számítógépem órajelét. A szokásos módon a **GPSDO**-val szolgáltattam az **1PPS (1 Pulse Per Second)** szabványos időközvetlen jelet, és tízenként leolvastam a TSC időközöket, majd kiszámoltam 3200 MHz-es gép órajelfrekvenciáját. Nem számoltam grafikonra, hiszen ez egy alig változó frekvencia, éppen ez a stabilitás a lényege. Már a számadatokból is kitűnt, hogy egy szisztematikus növekedés csökkenés jelentkezik a mérések vége felé. A mérések alatt egy Chopin-CD-t hallgattam, szinte meg se mozdultam. A grafikon nem ezt mutatja! Ekkor jutott eszembe, hogy a párom hívott, majd nemsokára visszajöttem, és a lábamnál levő gépet újból „melegíteni” kezdtem! Ennek a minimális melegítésnek a hiányát „érezte” meg a processzor órajelkvarca, és „összezsugorodva”, gyorsabban rezgett, ezért láttam megnöni frekvenciáját. A tapasztalatot rögtön „lefordítottam” a kísérleti lehetőségekre. *Nem érdekel többé a processzor hőmérsékletstabilizálása, állandóan mérni fogom a frekvenciáját és a pillanatnyi értékkel fogok számolni! Létrejött a tökéletes időköz-mérő-eszköz!*



Az Atomórához szinkronizált időközmérő. Egyáltalán nem időközmérőről van szó, hanem egy nagyon gyorsan járó, valóságos óráról, amely a toronyórához hasonlóan mindig leolvasható. *Nincs kapujel, nincs kimaradás, nem számlálom az eltelt kettýenéseket, kérésre mindet készen kapjuk a processzortól.* Ez a **TSC (Time Stamp Counter)** szolgáltatás, időbélyegnek is nevezhetjük. A szerepe nagyon egyszerű, a benne tárolt időpontok alapján léptetődik a processzor, vagyis egy olyan időpontjelző órához jutottunk, amely a processzortól független, külső eszköz, egy 64 bites, bináris számláló, amely másodpercenként több milliárd (*nem millió*) léptetést kap. A számlálót építők rémálma a telítődés, a „mindent kezdünk újból”. Ennek az órának a telítődése elvileg csak évszázadok múlva jöhet létre (*a 3520 MHz-es gépemnél, ez 166 év*). A naptáros órától eltérően, a gép újraindításakor kinullázódik a 64 bites bináris számláló, és az újbóli bekapcsolástól eltelt időt méri. *Gyakorlatilag, ez a számláló sohasem telítődhet!*

Legújabb változat: 64 bites számláló és 284091 ps-es felbontás

1. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.	2. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.
3. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.	4. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.
5. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.	6. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.
7. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.	8. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.
9. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.	10. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.
11. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.	12. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.
13. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.	14. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.
15. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.	16. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.
17. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.	18. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.
19. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.	20. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.
21. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.	22. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.
23. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.	24. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.
25. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.	26. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.
27. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.	28. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.
29. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.	30. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.
31. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.	32. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.
33. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.	34. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.
35. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.	36. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.
37. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.	38. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.
39. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.	40. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.
41. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.	42. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.
43. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.	44. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.
45. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.	46. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.
47. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.	48. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.
49. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.	50. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.
51. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.	52. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.
53. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.	54. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.
55. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.	56. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.
57. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.	58. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.
59. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.	60. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.
61. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.	62. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.
63. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.	64. A számláló 64 bites, bináris, azaz 0 és 1 értékeket vesz fel.

Időközmérésről volt szó, tehát egy megfigyelendő esemény kezdetekor leolvassuk a **StartTSC** időpontot, majd minden esemény megjelenésekor az **ActualTSC** időpontot. A leolvasás és az adatkimentés együttesen 88 órajelbe kerül, vagyis a leolvasás időigénye (*ez 3520 MHz-nél kb. 25 ns*) nem befolyásolja a $dTSC = ActualTSC - StartTSC$ időpontok különbségét, az eltelt időt. A pontosság növelése érdekében egy GPS-vezérelt, az Atomórához kalibrált időközeta-lont (**GPS Disciplined Oscillator - GPSDO**) használok. A pontosság néhány **ppb** (Parts Per Billion - milliárdod) szintű lett! Olyan eszement kísérletet is el mertem végezni, amit egy normális fizikus sohasem merne megtervezni. *Ezt a mérőrendszeremet – „igen szerényen” – nagyon sikeresnek tartom.*

Számítógép-vezérelt légpárnás ferdesík (demonstrációs mérőkísérlet). A számítógép-vezérelt légpárna egyidős a Fizi-kummal, még a mindentudó ZX81 és Spectrum idején készült, először porszívóval működött, majd 1989 őszén a megépült 6 atm nyomású sűrítettlevegő-rendszerre kötöttük. Az elmoz-dulásérzékelőn átvett zsinag segítségével egy elektromotor állórészéből kivett lemez takará-sait egy fényzorompó érzékeli. A véges hosszúságú pálya miatt a takarások száma korlátozott. A fényzorompó jelei az elektronikus kronométer interfészbe kerülnek. Megmérjük a takarások TSC időpontjait, majd kiszámítjuk a takarások közötti időt, és ábrázoljuk a mozgástörvényt. Ezután a legkisebb négyzetek elve alapján ráillesztünk egy másodfokú közelítőfüggvényt, és a kétszeri deriválással megkapjuk a sebesség- és a gyorsulásfüggvényeket. Mélyebb tanulmányozáskor a negyedfokú illesztőfüggvény egy anomáliának hitt jelenséget is kimutatót. Az újonnan kifejlesztett elmozdulásérzékelő beszerelése és a TSC alapú nagy felbontású méréseim több mint két évtizednyi érthetlenség után, a tavaly meghozták a magyaráza-tot az „anomáliára”, a kísérleti eredményekkel együtt ez is bemutatásra kerül. A továbbiakban – bő magyarázatokkal – még négy módon dolgozzuk fel az adatokat: [CNC FullM.pdf](#), [CNC FirstN.pdf](#), [CNC SkipN.pdf](#), [CNC Anomalia.pdf](#).



Számítógép-vezérelt mérőrendszer a Planck-állandó meghatározására (demonstrációs mérőkísérlet és 6 mérőhelyes laborgyakorlat). Az alkalmazott kis lézerdióda voltamperes karakterisztikája igen meredek, a diákok eddig ilyenrel nem találkoztak. A mérés technika különös, elsőre, segítség nélkül nem tudnák elvégezni. A LED dióda beindulásáig „semmi sem történik” a kialakult áram jóval a mér-hetőség alatt vannak. Ilyenkor nagy (kb. 25 mV) feszültséglépésekben haladunk. A dióda bei-ndulásakor nem a feszültséget, hanem a korlátozó ellenállás segítségével az áramlépéseket állítjuk be. nemsokára beindul a lézer is, ekkor még meredekebb lesz a görbe, még finomabban kell léptetnünk a feszültséget, így elég áramérték mérőpontot kapunk. A számítógép-vezérelt mérőrendszer programja ezt könnyen megoldja, az ábrázolás szinte azonnali, a laborgyakorlat előtti fizikaórán szoktam bemutatni. Ugyanezért látják a spektroszkóp kalibrálását az etalon Hg színekvonalak segítségével, benne a **He-Ne** léze-rünk erős színekvonalával ($\lambda_{He-Ne} = 632,5 \text{ nm}$), a kis lézerdióda vörös fényének a hullámhossza pedig $\lambda_{LD} = 649,9 \text{ nm}$.



A Fizikum profi fonálingája mérőprogramjának otthoni tesztelése (az Atomóra-kapcsolat valódi) A fonál aktív része kö-rülbelül 1300 mm hosszú, a kis golyó térbeli helyzetét három tolómérő segítségével határoz-hatjuk meg. Az inga hosszát egy optikai mérőlécs segítségével mérhetjük meg, a beosztásokat (*szabad szemmel nem látszanak*) egy erre a célra kiképzett mikroszkóppal olvassuk le. A $\pm 1 \mu\text{m}$ pontossággal leolvasható optikai-mérőlécs intarzia felületét annyira simára munkálták meg, hogy tökéletesen látszanak a Fizikum szembeni falán levő stroboszkópos felvételek tükörképei. A golyót egy ferromágneses anyagok nélkül megépített elektromágnes tartja. A fényzorompó-tartó és az elektromágnes-tartó is alumíniumból készült, így elkerülhető a mágneses kör létre-jötte a tolómérőkhöz keresztül. Ez a rendszer tizedszögperces pontosságú szögamplitúdót képes beállítani. A fonál teljes hossza nem állítható, de egy számítógép-vezérelt elektromágnes az indulás előtt automatikusan „lecsíphet” a szálból, így beállítódik az aktív hossz. Az eddig bemutatott mérési módszerek mind a fonálinga mérési programjához készültek, egyre jobbakká lettek, de élesben nem tudtam kipróbálni, mert az inga mechanikai összeszerelése és beállítása csak hetek alatt lehetséges. Maradt a **félsszimuláció** lehetősége, minden úgy történik, mint a valóságban, de az inga jeleit egy professzi-onális függvénygenerátor szolgáltatja, amelynek termikus stabilitása $5 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$. A jól bemelegedett készülék által kiadott TTL jel frekvenciája vagy időköze alig változik. *Tökéletesen megfelel az ingajelszolgáltatnak!*



 **Magyar Fizikus Vándorgyűlés**
 Wednesday, August 21, 2013 - Saturday, August 24, 2013

A GM cső holtidőjének meghatározása CNC időközsmórral

Author: BARTÓK ELEKES, István - ADV Endre László, Nagyvárad
 Co-Author: RAUCS, Péter Pál - University of Debrecen (HU)
 Corresponding: Author: beichan@yandex.com

Debreceni Egyetem - MTA Atommagkutató Intézet

8

Professzionális függvénygenerátor és gyári frekvenciamérő ellenőrzése. Mindkettő igen fontos eszköze a Fizikumnak, ezért szerettem volna megtudni a pontosságukat. Bár nagy felbontásúnak hirdetik a számlálót, de a bevallott 10 Hz a 10 MHz-es skálán csak ± 1 ppm-et jelent, ami eléggé kevés a mi méréseinkhez. A GPSDO által szolgáltatott, és az Atomórához kalibrált 10,00000000 MHz-es, $\pm 0,01$ ppb pontosságú szinuszjel a frekvenciamérőn 10,00002 MHz-nek látszik. Bekapcsoláskor 9,999995 MHz-cel kezdte, nemsokára felment 10,00003 MHz-re, de később megállapodott a most kijelzett értéknél. A GPS kapcsolat rendben van, ezt a középső LED és a termosztát piros LED-jének kialvása jelzi. A függvénygenerátor 10,000000 MHz-es jelét mértem, de az már régen be volt kapcsolva, a környezet 23 °C-os hőmérséklete pontosan a megadott határok közepén van. A frekvenciamérő azt is azonos értékűnek mérte. Ez azt jelenti, hogy függvénygenerátor és a GPSDO jeleinek frekvenciái legalább az első nyolc számjegyre megegyeznek. *Megjegyzés: Bekapcsoláskor a frekvenciamérő „tíz” másodperces időalapja rövidebb volt (hidegen gyorsabban rezeg az időalapforrás kvarca), ezért kevesebb (csak 9.999.995) mérendő periódus fért bele.* Következtetés: Az időalapkvarcra érdemes rászerezni egy hőmérsékletmérő termosztort, és a GPSDO-val kalibrált számító-géppel felvenni a mért $\nu[\text{MHz}] = f(t[^\circ\text{C}])$ karakterisztikát, majd a megfelelő hőmérsékletre véglegesíteni egy termosztátot.



[dr. Bartos-Elekes István](#), nyugalmazott fizika-, informatika- és elektronikatanár
 Ady Endre Líceum, Nagyvárad