

A KOPPANÁS HANGJÁTÓL AZ OPTIKAI FÉSŰIG

– a pontos időmérés bővületében

Pallag István, Halmos Balázs, Gergely Csongor
II. Rákóczi Ferenc Gimnázium, Budapest

Mérni, mérni, és mérni! Valószínűleg mély nyomokat hagytak bennem *Demény* tanár úr órái az egykori Kossuth Lajos Tudományegyetem Kísérleti Fizikai Intézetében, mert fizikatanári hitvallásom, hogy csak akkor lehet eredményes egy fizikaóra, ha az – a jelentőséget demonstráló – hatásos kísérlettel, vagy a felismerendő törvényt igazoló precíz méréssel kezdődik. Az „okos kütyük” világában a tanítványaim számára kézenfekvő, hogy a precíz fizikai mérés különféle szenzorok mérési eredményeinek számítógépes kiértékeléséből áll. E felismerés vezetett oda, hogy megismerkedjek az National Instruments myDAQ eszközzel és a hozzá használt Labview Development Systems programcsomaggal. Az ismerkedés kalandos útján kiváló útitársakat kaptam *Halmos Balázs* és *Gergely Csongor* tanítványaim személyében. Ezúton is köszönöm odaadó munkájukat.



1. ábra. Az állvány a guruló golyóval.

Méréseink

Nehézségi gyorsulás meghatározása az esés idejéből

Elsőként a szenzorcsomagban található mikrofon felhasználásával barátkoztunk. A mikrofon az „Audio in” bemeneten keresztül egyszerűen csatlakoztatható a myDAQ-hoz, és a Labview Acquire Sound eszközzel megjeleníthető és rögzíthető a mikrofon által észlelt hang időbeli lefolyása. Ez a lehetőség adta az ötletet,

hogy a szóbeli fizikaérettségi feladatok egyik mérését myDAQ segítségével végezzük el.

Feladat

Mérje meg különböző magasságokból leeső acélgolyó esési idejét Labview-val vezérelt NI myDAQ mérőeszköz segítségével! A magasságok és az esési idők alapján határozza meg a nehézségi gyorsulás értékét!

Megvalósítás

A megvalósítás egyezik az eredeti feladattal, tehát a bizonyos magasságra beállított kerámialapon a golyó végiggurul (1. ábra), majd a talajra esik. A golyó jellegzetes hanggal gurul a kerámialapon, amikor a lap szélét elhagyja, a hang megszűnik, majd hangosan koppan a padlón. Az eszközhöz csatlakoztatott mikrofonnal detektáljuk a golyó hangját, majd a hangfelvétel alapján ezredmásodperc pontossággal meghatározzuk a golyó esésének idejét, végül a

$$g = \frac{2h}{t^2} \quad (1)$$

A szerzők az ELFT–NI 2019–2020. évi myDAQ pályázatán a „Tapsztaltak” kategóriában II. díjat nyertek.



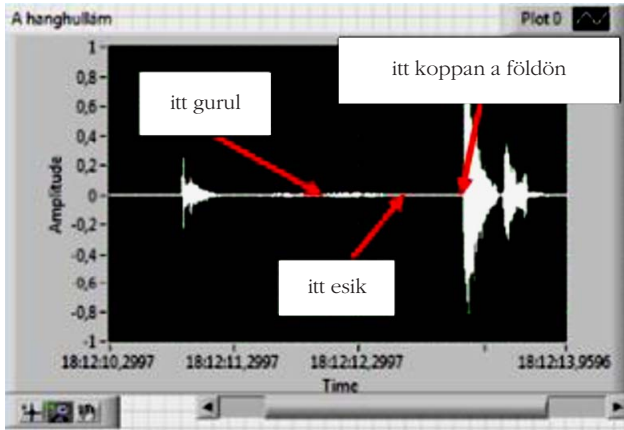
Pallag István fizikatanár lassan 35 éve kopatja a katedrát és töretlen lelkesedéssel fordul minden újdonság iránt. A szakmai fejlődés mellett, számára legalább olyan fontos, hogy tanítványaival együtt gondolkodva győzedelmeskedjen minden elé tornyosuló akadályon.



Gergely Csongor 11. osztályos tanuló fizika iránti szenvedélyét főként az aviatika területén használja, amely környezetben a myDAQ könnyedén integrálható számos alkalmazási területen, mint például meteorológiai mérések végzése vagy élő repülőgép-követés. Fontosnak és hasznosnak tartja, hogy átlássa az eszköz működésének alapjait egy olyan projekt résztvevőjeként, ami a középiskolai szintre hozza a készüléket, és az általa kínált edukációs lehetőségeket.



Halmos Balázs Paszkál matematika-fizika tagozatos, 10. osztályos diák. A fizika mellett az informatika is érdekli, azon belül leginkább a programozás. Gyakran és eredményesen vesz részt fizika- és informatikaversenyeken. A pályázat befejezése óta is rendszeresen dolgozik innovatív/digitális projekteken, amelyekben jelenleg is használja a pályázat során szerzett tapasztalatait, valamint az ott nyert myDAQ eszközt.



2. ábra. A hanghullám a golyó mozgásának különböző fázisaiban.

összefüggés segítségével meghatározzuk a nehézségi gyorsulás értékét. A mérést – különböző magasságból leejtett golyóval – megismételtük és az így kapott nehézségi gyorsulás-értékek átlagát számoltuk.

A mérést a frontpanelen lévő „Felvétel indítása” gombbal indítjuk, és a beállított (és előre kikísérletezett) idő elteltével elkészül a felvétel és megjelenik a grafikon. A grafikonról – kellő mértékű nagyítás után – ezredmásodpercnyi pontossággal leolvashatjuk az esés idejét (2. ábra). A magasságokat és a hozzá tartozó esési időket beírva a frontpanelen lejjebb elhelyezett tömbbe (array), a vi (virtuális műszer) minden magasság-idő párhoz kiszámítja a nehézségi gyorsulás-értéket (3. ábra).

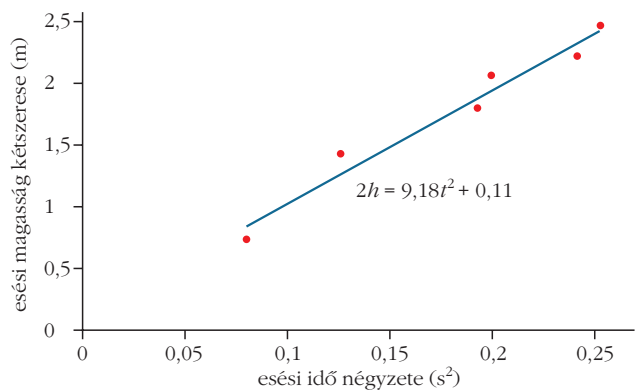
Eredmények

A mért adatokat és a belőlük számolt nehézségi gyorsulás-értéket az 1. táblázatban foglaltuk össze. Az (1) összefüggés szerint az esési idő négyzetét és az esési magasság kétszeresét ábrázolva g meredekségű egyenes illeszhető a pontpárokra (4. ábra).

1. táblázat

A nehézségi gyorsulás számítása különböző magasságról leejtett golyó esési idejéből.

esési magasság, h (m)	$2h$ (m)	esési idő, t (s)	t^2 (s ²)	nehézségi gyorsulás, g (m/s ²)
0,365	0,73	0,2829	0,0800	9,121
0,712	1,424	0,3552	0,1262	11,287
0,9	1,8	0,4395	0,1932	9,319
1,033	2,066	0,4472	0,2000	10,331
1,11	2,22	0,4917	0,2418	9,182
1,234	2,468	0,5032	0,2532	9,747
átlag:				9,831
szórás:				0,771

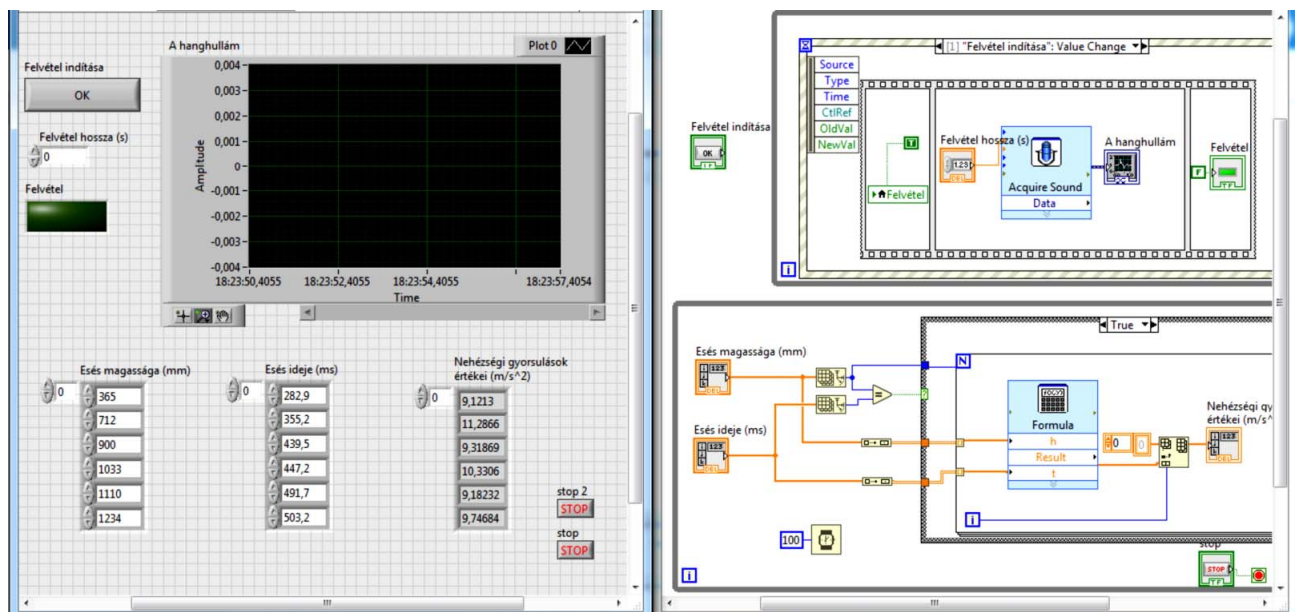


4. ábra. A nehézségi gyorsulás számítása egyenesillesztéssel.

Következtetés / fejlődési lehetőségeink

A mérési eredményeink átlaga lelkesítő eredményt hozott, de a számolt szórás és a trendvonal meredek-

3. ábra. A nehezsegi_gyorsulas.vi képernyőfotója.



sége egyértelműen mutatja eredményeink pontatlanságát. Nem elegendő nagy pontossággal mérni az időtartamokat, ha a mért időtartam kezdőpontja bizonytalan. A mérést úgy tudjuk pontosítani, hogy a leolvasást is a Labview végzi. A leolvasás elve nyilvánvaló, de a kivitelezéshez még ismerkednünk kell a Labview lehetőségeivel. A jövő évi pályázatunkban a mérés javított verzióját szeretnénk bemutatni.

Fordulatszámérés Hall-szenzor segítségével

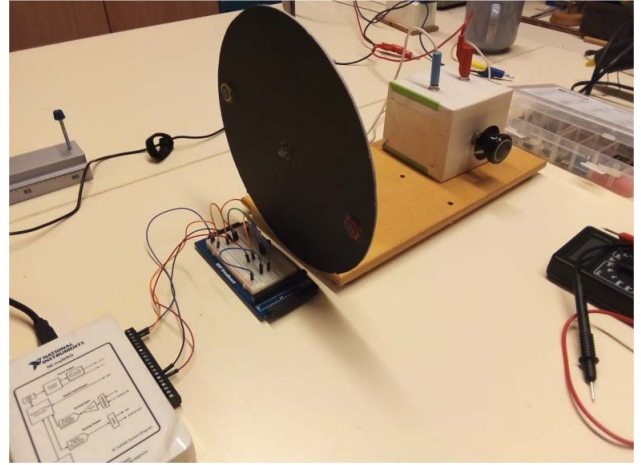
Az gravitációs gyorsulás mérése után érdeklődésünk a Hall-szenzor irányába fordult. Nagy lehetőséget látunk mágneses vagy mágnessel felszerelt tárgyak mozgásidejének mérésében. Azt kellett megoldanunk, hogy a szenzortól jövő két impulzus közötti időtartamot mérjük. Mivel csak egy szenzorral rendelkezünk, választásunk a periodikus mozgások tanulmányozására esett.

Feladat

Mérje meg egy elektromotorral forgatott papírkorong periódusidejét Labview-val vezérelt NI myDAQ mérőeszköz segítségével, és a mért időtartamból határozza meg a mozgás fordulatszámát!

Megvalósítás

A méréshez a Hall Effect Magnetic Sensor Switch U18 szenzort használtunk. A szenzor úgy működik, hogy a mágnes egyik pólusának közelítésekor a szenzorban kialakuló Hall-feszültség kapcsolja, állítja át (switch) a szenzoron mérhető feszültséget. Ha ellentétes mágneses pólust közelítünk, az újabb feszültségváltást eredményez. Ennek megfelelően azt kellett elérnünk, hogy bizonyos időnként egyik, majd másik pólus haladjon el a szenzor előtt. Ezt úgy valósítottuk meg, hogy egy kartonlapból kivágott korong két átellenes pontján helyeztünk el két, ellentétesen fordított irodai táblamagnet. A fel- és lekapcsolás közötti idő



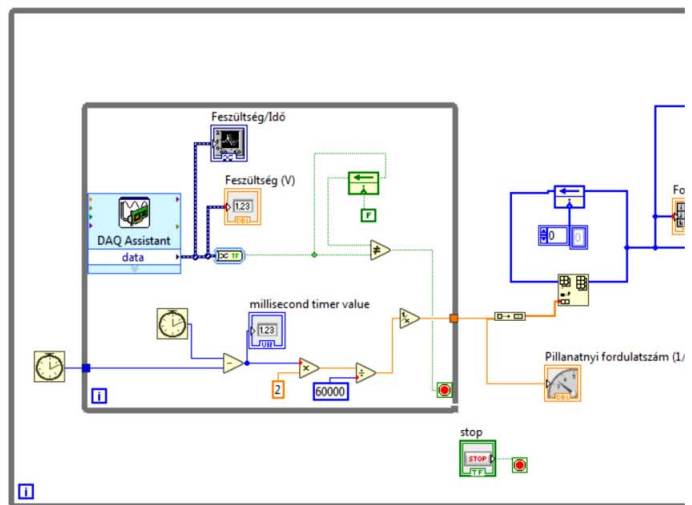
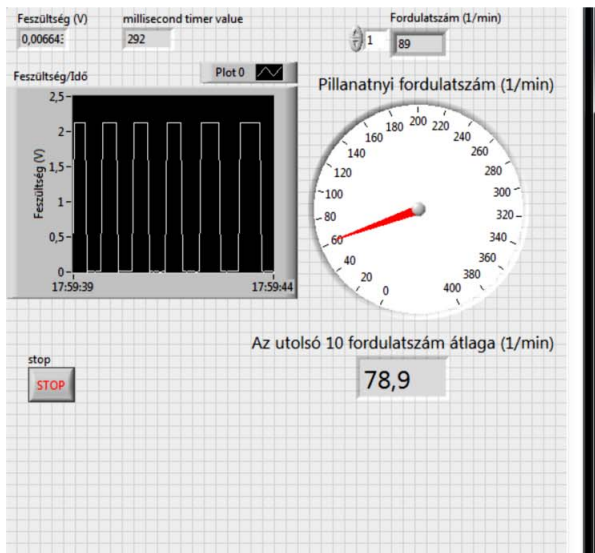
5. ábra. A forgó korong és a változtatható ellenállás.

a mágnesek egyenletes körmozgása félperiódusának idejét adta. A fel- és lekapcsolás közötti időt két futó óra időkülönbségeként rögzítettük. A belső ciklus a feszültségváltáskor rögzíti az időt, egyben kilépve a ciklusból rögzíti a külső óra által mutatott időt, ami a következő ciklus kezdő időpontja lesz.

Eredmények

A kartonkorong forgatására a készletben található motort használtuk. Egy változtatható ellenállás közbeiktatásával tudtuk szabályozni a forgómozgás sebességét (5. ábra). A korong könnyű volt, és a mágnesek elhelyezkedése miatt egyenletes tömegeloszlású, de a motor gyengesége miatt a forgás eléggé ingadozó lett. Amint a 6. ábrán látható, a félperiódus-idők (a négyzetjelek vízszintes hossza) nem egyformák, és a pillanatnyi fordulatszám is eltér az utolsó 10 fordulatszám átlagától. Méréseink során a változtatható ellenállás adott helyzete esetén az átlagos fordulatszám stabilizálódott, így a frontpanelen jól követhető, hogy a motorra eső feszültség változtatásával miként változik a fordulatszám.

6. ábra. A fordulatszam.vi képernyőfotója.



Következtetés / fejlődési lehetőségeink

Úgy érezzük, hogy a periodikus mozgások elemzésekor kihoztuk az egy darab Hall-szenzor nyújtotta lehetőség maximumát. Az összeállítás ráadásul egy az egyben alkalmazható a rezgőmozgás tanulmányozására. Különböző D rugóállandójú rugók és különböző m tömegű rezgőmozgást végző testek felhasználásával a rezgés f frekvenciájára igazolható az

$$f = \frac{1}{2} \pi \sqrt{\frac{m}{D}}$$

összefüggés.

Lejtőn guruló test sebessége és gyorsulása

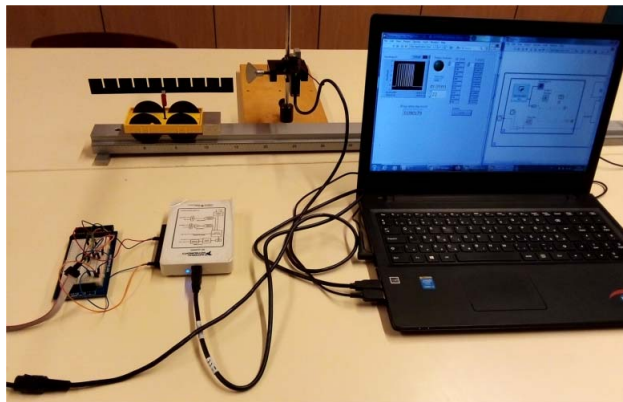
A következő lépésben elérkeztünk legfőbb célkitűzésünk, a fénykapu alkalmazásához. A fizikaszertár mélyéről előbányásztuk a Commodore plus4 számítógéppel működtetett mozgáselemző készletet, és annak fénykapuját a myDAQ segítségével csatlakoztattuk a Labview-t futtató számítógépünkhöz. A régi tuchel-csatlakozó átalakítása igazi kihívás volt, de kis segítséggel megbirkóztunk vele. Az összeállítást a legegyszerűbb esetben próbáltuk ki, egy lejtőn legördülő kis kocsit mozgását tanulmányoztuk.

Feladat

Mérje meg Labview-val vezérelt NI myDAQ mérőeszköz segítségével egy kis dőlésszögű lejtőn lefelé guruló test sebességének változását, és diagramon ábrázolja az eredményeket!

Megvalósítás

A fénykapu érzékeli a kocsira rögzített optikai fésű (7. ábra) által generált jeleket. Takaráskor a feszültség felugrik, majd a résnél nullára esik vissza. A fésű-



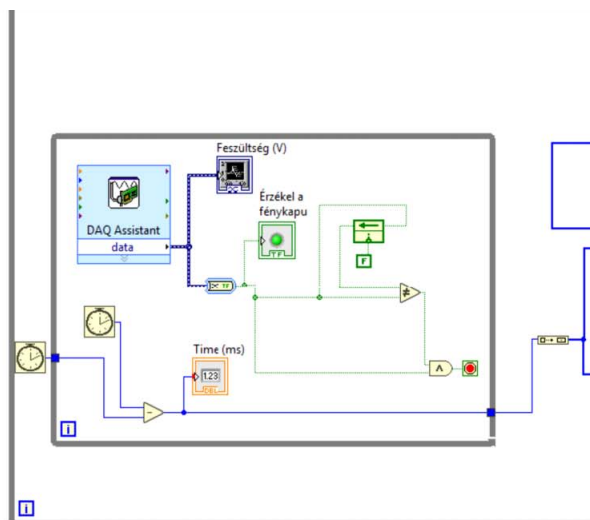
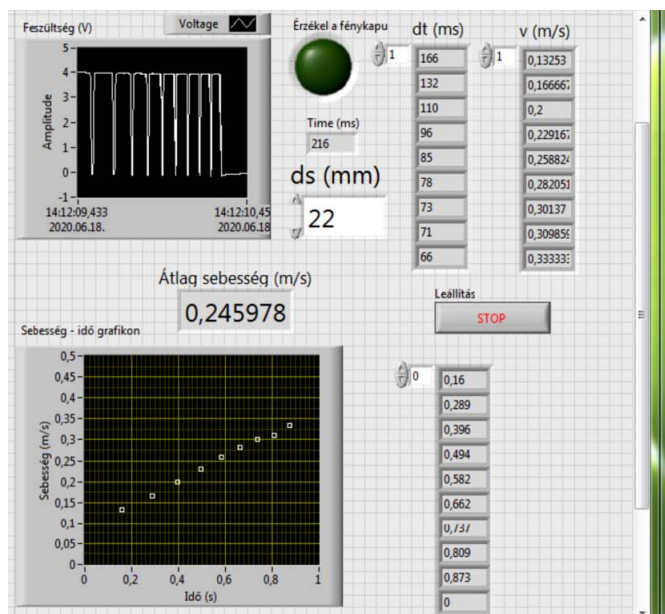
7. ábra. A kocsit az optikai fésűvel és a fénykapuval.

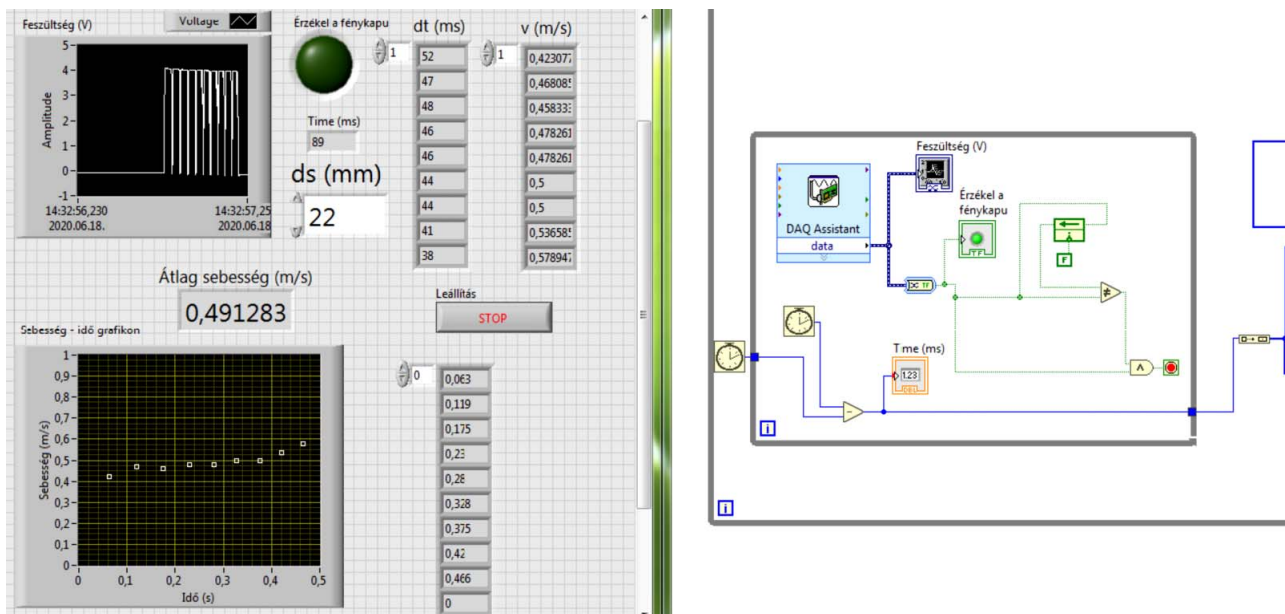
fogak méretének megadásával a fésűfog áthaladásának átlagsebessége kiszámítható. A két „kiugró” feszültség, azaz az áthaladás idejét a fordulatszámreőrésnél alkalmazott egymásba ágyazott ciklusok által leállított órák időkülönbségeként rögzítettük. Értékelhető mérési eredmények eléréséhez sokáig kellett próbálkozni a DAQ Assistant mintavételezési beállításával. Végül az 1 kHz mintavételezési frekvenciánál kaptuk a legszebb eredményeket. A kapott időeredményekből számolt sebességeket egy grafikonon azonnal kiértékelhetjük (8. ábra). A kocsit úgy állítottuk be, hogy az első „fog” közvetlenül a fénykapu előtt legyen, tehát első mérési eredményünket nem sokkal a kocsi indulása után rögzítettük.

Eredmények

A frontpanel látványa magáért beszél. A kísérlet – a mérés elvének elmagyarázásával együtt – néhány perc alatt elvégezhető. A grafikon tökéletesen mutatja a rövid utakra számolt átlagsebességek egyenes növekedését. Az indítási távolság növelésével egyre vízszintesebb egyenest kapunk. A 9. ábrán a kocsi

8. ábra. A fénykapu.vi képernyőfotója.





9. ábra. A fénykapu.vi pillanatnyi sebesség képernyőfotója.

indulásakor 50 centiméterre volt a fénykaputól. A 8. és a 9. ábrán látható grafikonok összehasonlításával értelmezhetővé válik a „mozgás időtartamához képest kicsiny időtartam, amely alatt lényegesen nem változik a sebesség”, azaz lehetőségünk van a – középiskolás szinten nehezen értelmezhető – pillanatnyi sebesség fogalmának bevezetésére.

Következtetés / fejlődési lehetőségeink

Az összeállítás bármely egyenes vonalú mozgás elemzésére használható. Álló helyzetből indulva, adott gyorsító erő hatására, adott út megtétele után elért végsebesség mérésével igazolhatóvá válik a munkatétel. A továbblépés lehetősége egy másik fénykapu csatlakoztatása lehet. Két fénykapuval lehetőségünk lesz lemezrugóval felszerelt kiskocsik mozgásának vizsgálatára, így rövid és precíz méréssel igazolhatjuk a lendületmegmaradás törvényét.

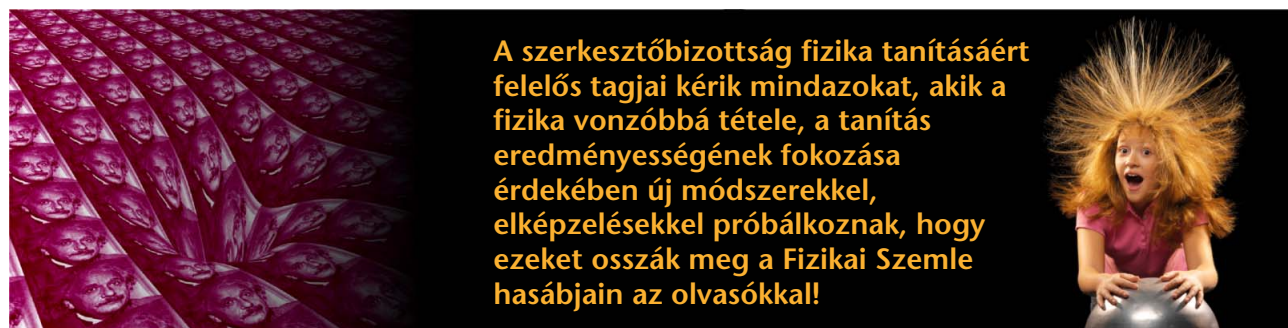
Összefoglalás

Remélem jól értelmezhetően sikerült bemutatni néhányat a myDAQ és a Labview számtalan hasznos alkalmazási lehetősége közül, amelyekkel meggyőződésem, hogy eredményesen növelhetjük a fizikatanítás

hatékonyságát. 35 éve koptatom a katedrát, és töretlen lelkesedéssel fordulok minden újdonság felé. A szakmai fejlődés mellett számomra legalább olyan fontos volt, hogy tanítványaimmal együtt gondolkodva győzedelmeskedtünk minden eléink tornyosuló akadályon. Köszönjük a lehetőséget, hogy e remek intellektuális kaland részesei lehettünk.

Irodalom

- <http://eskolar.com/apa/index.php/LabVIEW> – Kiss Bálint videói a myDAQ használatáról, például a tanításban
- http://dload.oktatas.educatio.hu/erettsegi/nyilvanos_anyagok_2019_tavasz/fizika_emelt_szobeli_merekek_2019maj.pdf – a fizika szóbeli érettségi mérései
- http://uni-obuda.hu/users/pap.andrea/szenzorok/2016szenzor_11.pdf – összefoglaló a mágneses érzékelők működéséről
- <http://www.asee.org/documents/conferences/k12/2011/07/29-Get-Real-About-Teaching-Science-and-Engineering.pdf> – a myDAQ-kal való ismerkedés legelején találtuk ezt az összefoglalót
- <https://www.ni.com/hu-hu/innovations/white-papers/10/nimydaq-getting-started-and-support.html#ConnecttoSensors>
- <https://learn.ni.com/teach/resources/25/photointerrupter>
- <https://knowledge.ni.com/KnowledgeArticleDetails?id=kA00Z000000P839SAC&l=hu-HU> – három NI segédanyag a szenzorok és a Labview használatáról
- <https://www.youtube.com/user/Labview> – a Labview YouTube-csatornája
- <https://www.youtube.com/channel/UCI29F7TVJjdaGAiqF-rliFQ>
- https://www.youtube.com/channel/UCITa74U-gTr_J9suyRTiwWA/ featured – kettő videó a Labview és a myDAQ használatához



A szerkesztőbizottság fizika tanításáért felelős tagjai kérik mindazokat, akik a fizika vonzóbbá tétele, a tanítás eredményességének fokozása érdekében új módszerekkel, elképzelésekkel próbálkoznak, hogy ezeket osszák meg a Fizikai Szemle hasábjain az olvasókkal!