

# 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 jelenléte 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 eszközével és a hozzá használt Labview Development Systems programcsomaggal. Az ismerkedés kalandos útján kiváló útítársakat kaptam *Halmos Balázs* és *Gergely Csongor* tanítványaim személyében. Ezúton is köszönöm odaadó munkájukat.

## 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 eszközével megjeleníthető és rögzíthető a mikrofon által észlelt hang időbeli lefolyása. Ez a lehetőség adta az ötletet,

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



*Pallag István* fizikatanár lassan 35 éve koptatja 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.



1. ábra. Az állvány a guruló golyóval.

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

## Feladat

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

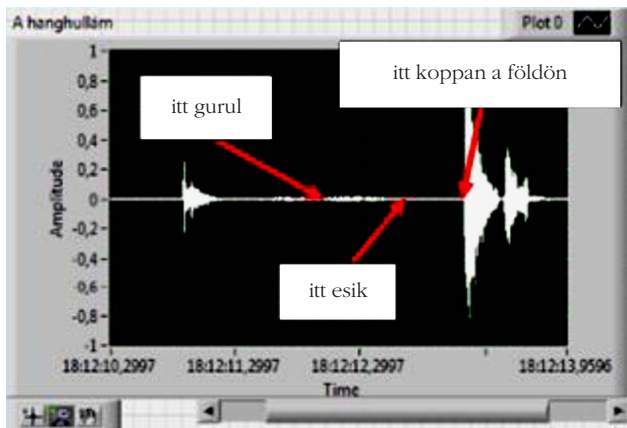
## Megvalósítás

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

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



*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 magasságokból 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).

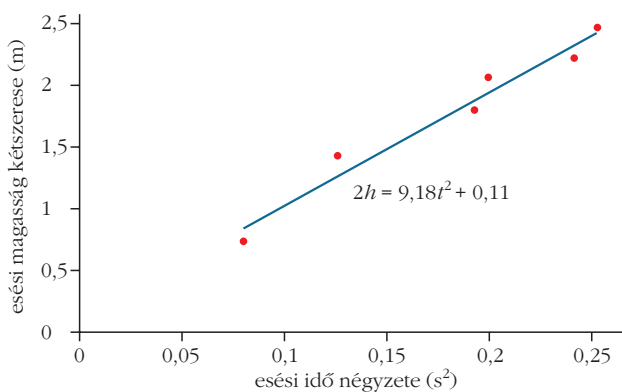
### Eredmények

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 illeszthető a pontpárookra (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 <sup>2</sup> ) | nehézségi gyorsulás, $g$ (m/s <sup>2</sup> ) |
|-------------------------|----------|--------------------|-------------------------|----------------------------------------------|
| 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                                        |

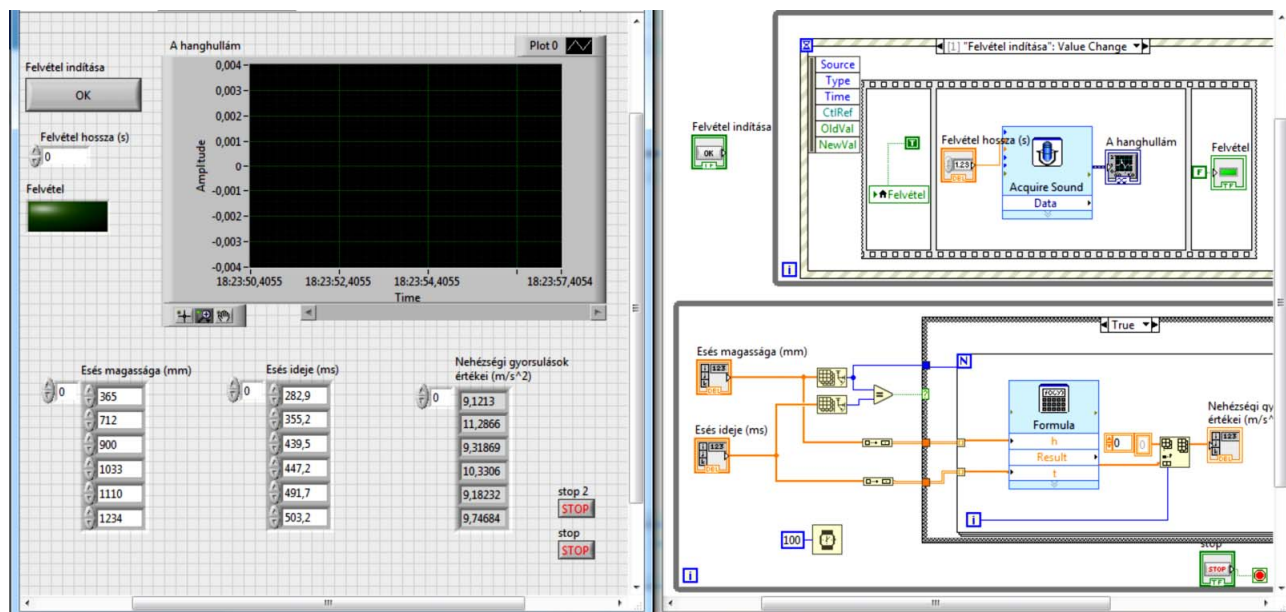


4. ábra. A nehézségi gyorsulás számítása egyenesillesztéssel.

### 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.

### Fordulatszám-mérés Hall-szenzor segítségével

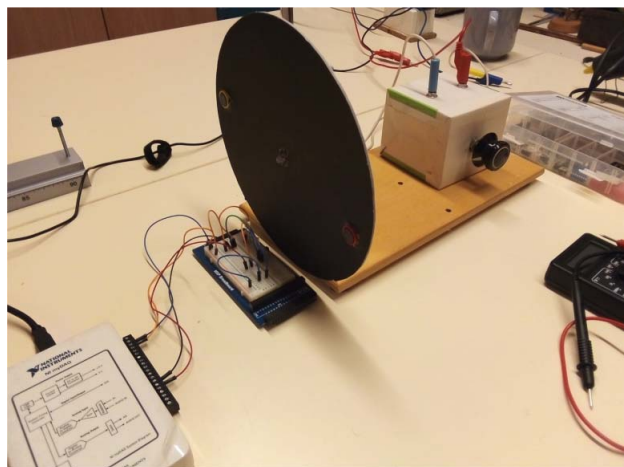
Az gravitációs gyorsulás mérése után érdeklődésünk a Hall-szenzor irányába fordult. Nagy lehetőséget látunk mágneses vagy mágnessel felszerelt tárgyak mozgásidejének mérésében. Azt kellett megoldanunk, hogy a szenzortól jövő két impulzus közötti időtartamot mérjük. Mivel csak egy szenzorral rendelkezünk, 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 feszültség-váltást 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 írodai táblamágnezt. A fel- és lekapcsolás közötti idő



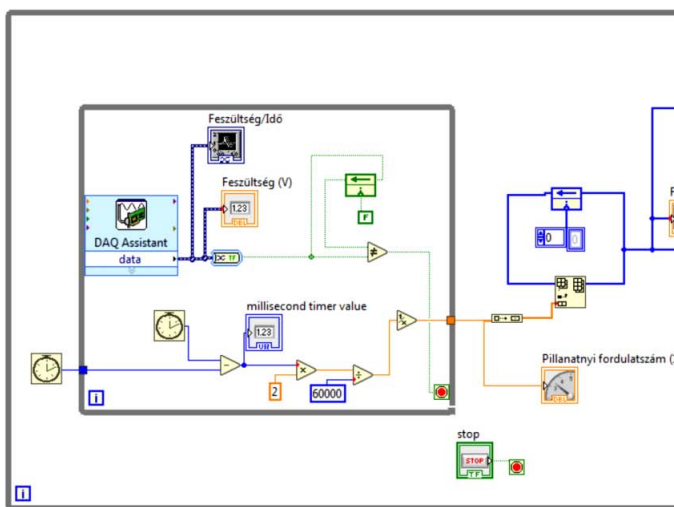
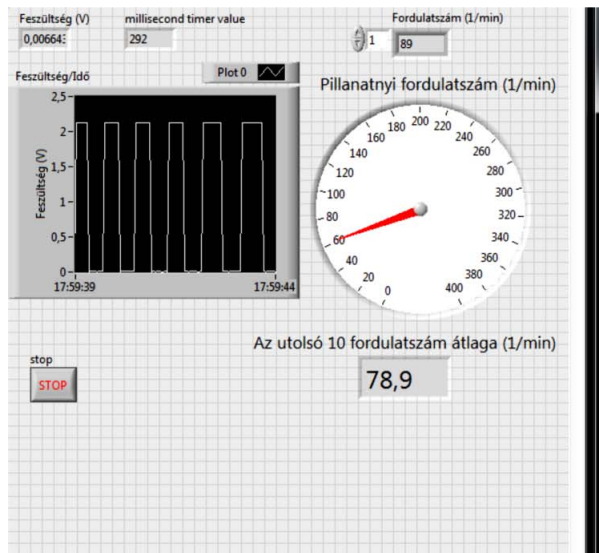
5. ábra. A forgó korong és a változtatható ellenállás.

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 négyzetjegyek 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 fordulatszám.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

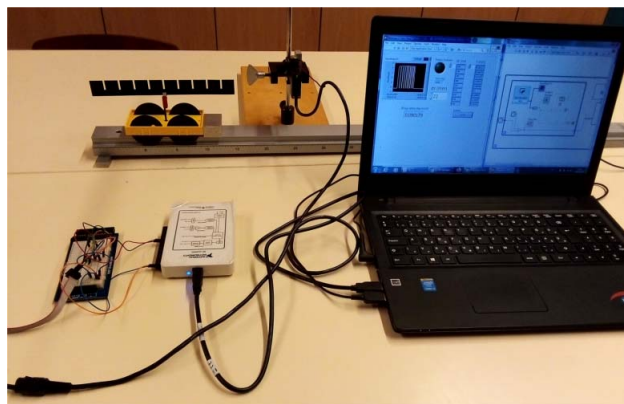
A következő lépésben elérkeztünk legfőbb célkitűzésünk, a fénykapu alkalmazásához. A fizikaszertár mélyéről előbányásztuk a Commodore plus4 számítógéppel működtetett mozgáselemző készletet, és annak fénykapuját a myDAQ segítségével csatlakoztatuk a Labview-t futtató számítógépünkhöz. A régi tuchel-csatlakozó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



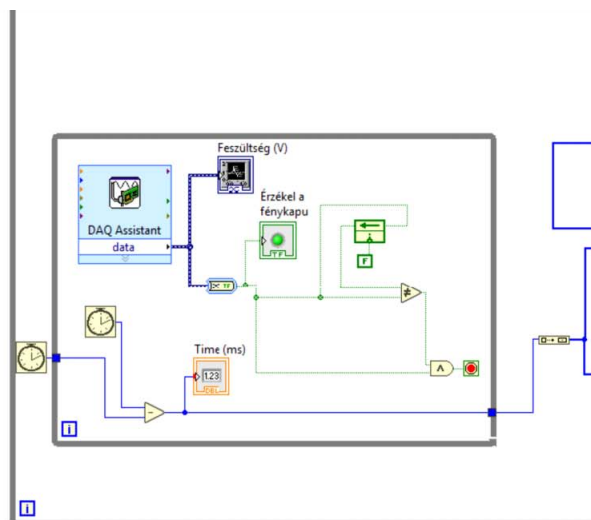
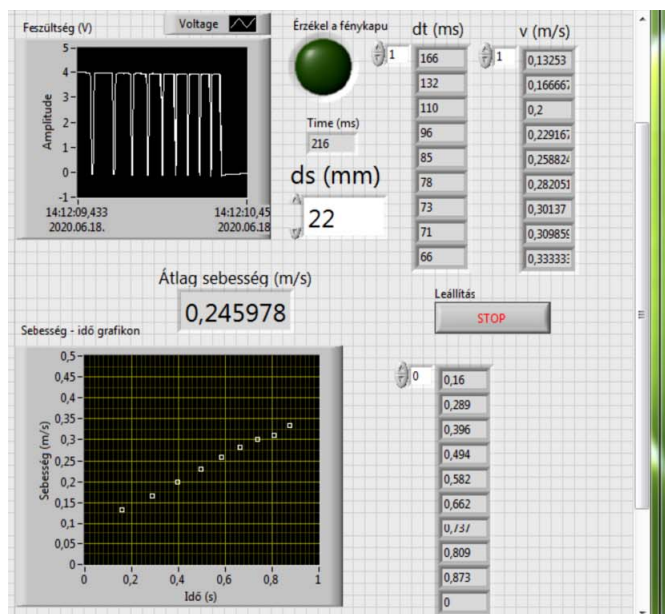
7. ábra. A kocszi az optikai fésűvel és a fénykapuval.

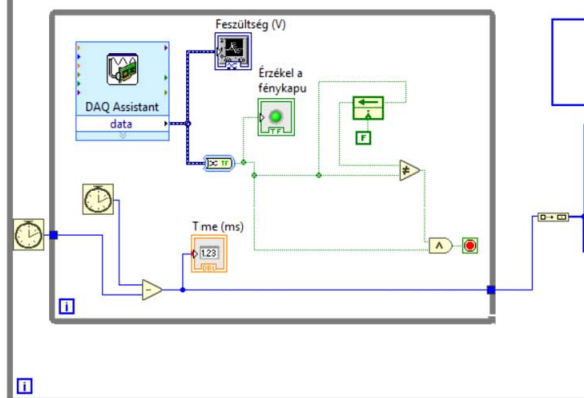
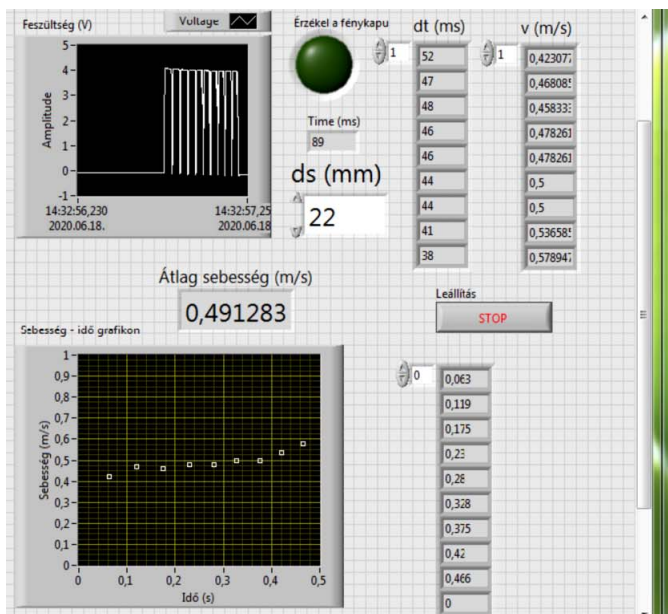
fogak méretének megadásával a fésűfog áthaladásának átlagsebessége kiszámítható. A két „kiugró” feszültség, azaz az áthaladás idejét a fordulatszámreálnál alkalmazott egymásba ágyazott ciklusok által leállított órák időkülönbségeként rögzítettük. Értékelhető mérési eredmények eléréséhez sokáig kellett 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 kocszi 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 egyenletes növekedését. Az indítási távolság növelésével egyre vízszintesebb egyenest kapunk. A 9. ábrán a kocszi

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 elénk tornyosuló akadályon. Köszönjük a lehetőséget, hogy e remek intellektuális kaland részesei lehettünk.

#### Irodalom

- <http://eskolar.com/ap/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](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](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/nimdaq-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/](https://www.youtube.com/channel/UCITa74U-gTr_J9suyRTiwWA/) featured – kettő videó a Labview és a myDAQ használatához

