



## TOVÁBBKÉPZÉS ANYAGA

## KÖZÉPISKOLAI FIZIKATANÁROK SZAKTÁRGYI TOVÁBBKÉPZÉSE Új utak keresése és a hagyományok megőrzése a fizikatanításban

ldőpont:	2018. november 16. péntek, 10 <sup>00</sup> – 15 <sup>00</sup> óra
Helyszín:	PPKE Információs Technológiai és Bionikai Kar
	1083 Budapest, Práter u. 50/a, 239-es terem



# 2018

## IKT eszközökkel támogatott fizikaórák



2018.11.16.

## KÖZÉPISKOLAI FIZIKATANÁROK SZAKTÁRGYI TOVÁBBKÉPZÉSE PPKE, 2018.11.16.

## Tartalomjegyzék

Kütyük egy fizikaórán	2
AZ USB HANGKÁRTYÁK	3
Így használják mások	
Virtuális műszerek Piláth Károly gyűjteményéből	
Trefortos ejtőgép Audacityvel	
Trefortos ejtőgép LabVIEW-ban	7
Wobbler a fizikaórákon	
A wobbler vezérlőprogramjának ismertetése	
MÉRÉSEK A WOBBLERREL	
Hangsebesség mérése sípok rezonanciája alapján	
A kísérlet leírása	
Mérendő paraméterek	
A mérés kivitelezése	
Mérjünk impedanciát!	
Mérjük meg X <sub>L</sub> függését a frekvenciától	
Mérjük meg X <sub>c</sub> frekvenciafüggését is	15
Párhuzamos LC kör frekvenciafüggésének vizsgálata	
GM számláló hangkártyára alapozva	
ARDUINO ÉS TÁRSAI EGY FIZIKAÓRÁN	19
Ismerkedjünk meg a Data-Streamer-rel	
Az Excel felkészítése az adatok fogadására	20
Az adatforrások programozása	20
Kondenzátor kisütésének idődiagramja	
Mérjünk hőmérsékletet	
Egy összetettebb mérés: Áramjárta vezető mágneses terének vizsgálata	

## Kütyük egy fizikaórán

Bár a jelenlegi óraszámok és a kerettantervi elvárások mellett még a hagyományos kísérletekre is alig jut idő egy fizikaórán, azért néhány rövid mérés erejéig illik időt szakítani a 21. századot jellemző automatizált mérések bemutatására is. Szerencsére ma már egy-egy ilyen mérés elvégezhető különösebb anyagi források igénybevétele nélkül is. Előadásomban arra törekszem, hogy e lehetőségek közül ismertessek néhány könnyen után-építhető mintát. A mérések kiválogatásánál igyekeztem olyan témaköröket választani, amelyek az emelt, vagy középfokú érettségi hagyományos kísérleteiben is előfordulnak.

Minden automatizált méréshez szükség van valamilyen elméleti megfontolásra, egy, vagy több érzékelőre, a szenzorok által szolgáltatott analóg jelek időzített digitalizálására, a digitalizált jelek feldolgozására, majd a mérési eredmények reprezentációjára.

Az érzékelő vagy szenzor egy olyan elem, amely egy mérendő tulajdonságtól függő elektromos jelet szolgáltat. A mérendő tulajdonság lehet fizikai, kémiai, biológiai, és egyéb jellegű. Fontos, hogy a mérendő tulajdonság, és az érzékelő által szolgáltatott jel egymásnak kölcsönösen egyértelmű függvényei legyenek. A mikrovezérlők megjelenését követően külön cégek alakultak, amelyek érzékelőket gyártanak ezekhez a kártyákhoz optimalizálva. E cégek közül talán a legismertebbek az <u>Adafruit</u> és a <u>Sparkfun</u> (több mint ezer féle érzékelő).

A jelek digitalizálásához nagyon sokféle eszköz használható. Ár szerint rendezve ezen eszközök a következők:

- USB hangkártya 300 Ft
- Arduino klónok 1000 Ft
- BBC micro:bit 6 000 Ft
- Silicon Labs Thunderboard<sup>™</sup> Sense 2 Sensor-to-Cloud Advanced Development Kit 20 000 Ft
- NI MyDAQ 115 000 Ft
- Ide sorolhatók még a mobiltelefonokba épített áramkörök is, de az árak itt nehezen kategorizálhatók

Ezekre az eszközökre jellemző, hogy a vezérlésüket ellátó ARM mikro vezérlők mellett több analóg, és digitális be- és kimenettel rendelkeznek, precíz időmérésre képesek, szervo és léptetőmotorokat tudnak vezérelni. Képesek továbbá kommunikálni egy számítógéppel annak com portján, vagy wifin keresztül, de akad olyan kártya is, amely közvetlenül a felhőbe is képes valós időben adatokat küldeni. A méréseket vezérlő program egy számítógépen futó fejlesztőrendszerből tölthető fel a kártyákra, amelyek a hangkártya kivételével a feltöltést követően akár önálló életet is élhetnek.

Ezekben az újragondolt mérésekben kijelzőeszközként számítógépes monitort, projektort, vagy mobiltelefont használtam. Nem az IKT divat kényszerének engedve, hanem azért, mert valóban ez a legolcsóbb és legjobb láthatóságot lehetővé tevő megoldás.

A kijelzők és a kártyáktól érkező jelek közé legtöbbször beépítünk még egy olyan programot is, amelyik a mért jeleket alakítja át szemléletesen megjeleníthető, jól látható mérési eredménnyé. Az egyik ilyen gyakori illesztőprogram a NI által kínált LabVIEW, de 2016 óta használhatjuk a Microsoft Data Streamert is amely egy ingyenes, Excelbe integrálható plugin.



## Az USB hangkártyák

Az első mérésekben ismerkedjünk meg a - szerintem kissé alábecsült - USB hangkártya lehetőségeivel. A legtöbb számítógép tartalmaz ugyan az alaplapra integrálva is egy hangkártyát, de 300 Ft-ért megkímélhetjük magunkat a sokféle beállítástól, és akár tanulókísérletekben is használhatjuk ezt az olcsó kínai kiegészítőt. USB kábelt segítségével a kijelzőként használt számítógéptől távolabb is mérhetünk, és többféle költséges hagyományos műszert válthatunk ki mérési célú felhasználásával.

#### Így használják mások

Néhány nagyon hatékony mérőeszköz állítható elő egy hangkártya és a LabVIEW együttes használatával. Ez a kombináció több szempontból is hasznos lehet. Egyrészt, mert lehetőség nyílik a LabVIEW programozásának a megtanítására drágább MyDAQ használata nélkül, másrészt olyan kész programokat használhatunk a mások által már megírt programok közül, amelyek kiválóan felhasználhatók egy fizikaórán. A műszerek bemutatását az oszcilloszkóppokkal kezdeném. A <u>Soundcard Oscilloscope</u> (1. ábra) egy ilyen univerzálisan használható virtuális műszer. Egy olyan oszcilloszkóp - hanggenerátor páros, amelynek a forráskódját nem tették közzé ugyan, de jól látható rajta, hogy LabVIEW-ban készült. A <u>Soundcard Oscilloscope</u> program 20 Hz – 20 kHz tartományban képes a hangkártya audio in bemenetéhez csatlakozó váltakozó áramú jelek vizsgálatára. Két mérési csatornát használ és képes x – y módban Lissajous görbék megjelenítésére is. A program tartalmaz egy többfunkciós jelgenerátor modult is, amely jól felhasználható a méréseinkhez.



1. ábra A Soundcard Oscilloscope Program kezelőfelülete

A teljesség kedvéért említeném még meg ebben a kategóriában az egyik legszebb programot a <u>Laboratory audio Analyzer</u>-t (2. ábra), amelyet olasz kollégák fejlesztettek és szintén ingyenesen hozzáférhető. Gyakorlatilag tudja az összes olyan funkciót, amelyre a fent említett LabVIEW-ban írt verzió képes, de a kezelői felülete szinte megkülönböztethetetlenül hasonlít egy hagyományos oszcilloszkópéra.



2. ábra: Egy olasz verzió a Laboratory audio Analyzer

## Virtuális műszerek Piláth Károly gyűjteményéből

Az oszcilloszkópok bemutatása után most következzék néhány általam írt olyan program, amely hangkártyát használ az analóg jelek digitalizálásához [4]. Ezeknek a szabadon használható és módosítható programoknak a forráskódját is közzéteszem, hátha valaki kedvet kap a továbbfejlesztésükhöz, vagy egyes elemiket hasznosíthatja a NI MyDAQ fizikatanári pályázaton.

## Trefortos ejtőgép Audacityvel

Kezdjük a programok sorát egy ejtőgéppel, amelynek bemutatása életkortól függően nagyon sokoldalúan használható a négyzetes úttörvény demonstrációjától, egészen a Lenz-törvényig bezárólag. Ez a mérés egy jó példa arra, hogy a technológiai fejlődés következtében ma már fillérekért hozzáférhető eszközökből, hogyan építhető fel egy sokoldalú mérőeszköz. Már többször bemutattam és mindig nagy sikert aratott az a <u>kísérletem</u>, amelyben egy kisautóra ragasztott mágnes suhan át egyre növekvő sebességgel az egymástól azonos távolságra elhelyezett tekercsek között. A tekercsek feszültségét egy hangkártya mikrofon bemenetén keresztül, egy számítógép hangrögzítő programjával érzékeltük, majd kijeleztük a feszültség-idő függvényt. Ezt a szép és meggyőző kísérletet azonban tudomásom szerint csak néhányan építették utánam. Ennek feltehetőleg az lehet a magyarázata, hogy egy nagyobb átmérőjű, átlátszó plexi cső beszerzése igényel némi anyagi áldozatot és a tekercsek elkészítése sem egy egyszerű feladat. 2017-ben végre megálmodtam a

kísérlet egyszerűbben elkészíthető és olcsóbb változatát. Rájöttem, hogy a fent említett <u>kísérlet</u> úgy is elvégezhető, hogy csak egyetlen tekercsen mérünk, és ezen futtatunk keresztül egyre növekvő sebességgel azonos erősségű és geometriájú mágneseket. Ezt pl. úgy érhetjük el, hogy gyűrű alakú mágneseket fűzünk fel egymástól azonos távolságra egy rézdrótból, vagy d=1,5 mm átmérőjű üvegszálas műanyag <u>rúdból</u> készült merevítőre a 3. ábrának megfelelően. Távtartónak én szívószálakat (9 cm) használtam, de bármi hasonló szóba jöhet.



3. ábra: A szükséges alkatrészek

Miután felfűztük a tartószerkezetre az azonos irányban álló mágnesgyűrűket a rézdrót elhajtásával stabilizáljuk a szerkezetet. Én 6 db <u>mágnest</u> (114 Ft/db) fűztem fel egymástól 9 cm távolságra. Így a két rövidebb bevezető és záró szakasszal együtt kb. 60 cm hosszú lett a szerkezet. Az így elkészült "mágneses botot" már akár át is ejthetnénk az indukciós tekercsen, de jobb, ha a szerkezetet kívülről még beburkoljuk egy PVC-ből készült Bermann csővel, mert így fel lehet adni a gyerekeknek azt a kérdést is, hogy vajon mi lehet a csőben? Indukciós tekercsként többféle alternatíva is szóba jöhet. Jelenlegi ismereteim szerint a legolcsóbbat az <u>ebay-en</u> lehet vásárolni. Ezeket a lapos tekercseket a mobiltelefonok indukciós töltéséhez fejlesztették ki (4. ábra). Az ára kb. 450 Ft/db.



4. ábra: Egy praktikus indukciós tekercs



5. ábra: Jack anya csatlakozó

Ha vásárolni szeretnénk a keresőszó: Wireless Charging Charger Power Supply Coil. A tekercs két kivezetéséhez forrasszunk hozzá egy Jack anyát, hogy könnyedén csatlakoztatni tudjuk a hangkártyánk (mobileszközünk) mikrofon bemenetéhez. A csatlakozókat (5. ábra) megvehetjük egy alkatrészboltban, vagy az ebay-en. Keresőszó: 3.5mm Female Stereo Audio Jack Connector. Miután bekötöttük a tekercset, és "beburkoltuk" a mágneseket, jöhet az ejtés. A méréshez én a <u>WaveSurfer</u> ingyenes hangrögzítőt használtam, de az Audacity is tökéletesen megfelel a céljainknak. A mérés



előtt a hangkártya beállításakor ügyeljünk arra, hogy a keverőpulton az AGC-t kikapcsoljuk! (6. ábra). A mérés eredménye a 7. ábrán látható.



7. ábra: A mérés eredménye egy "hangfelvétel" a WaveSurfer programmal

Az eredmény önmagáért beszél. Ez az egyszerű kis eszköz ragyogóan használható az egyenletesen gyorsuló mozgások lélektanától az indukált feszültség tanításáig. Próbaként a g értékét mértem Budapesten. Már az első ejtésre 9,8 m/s<sup>2</sup>-et kaptam eredményül, amit magam sem nagyon akartam elhinni, de néhány további ejtés meggyőzött arról, hogy ez tényleg működik (8. ábra).



8. ábra: Már az első ejtésnél a meredekség (g/2) 4,9 m/s<sup>2</sup> -nek adódott

#### Trefortos ejtőgép LabVIEW-ban

A WavesSrferben kapott eredmények annyira meggyőzőek voltak, hogy LabVIEW-ban is írtam egy mérőprogramot az eredmények kiértékeléséhez. A pontos mérésekhez a botot úgy célszerű beállítani, hogy az esés közben ne billegjen és biztosítani kell, hogy lehetőleg ne érjen hozzá (szabadesés) a tekercs csévetestéhez. Gondoskodni kell arról is, hogy a mérést az ejtést követően azonnal kezdjük meg, és miután átesett az egész "bot", akkor azonnal álljunk le az adatgyűjtéssel. Ez a feltétel legegyszerűbben egy a programból vezérelt elektromágneses ejtőgéppel biztosítható. Ez a berendezés a mérés kezdetéhez szinkronizálja az ejtést vezérlő elektromágnes áramtalanítását, így éppen a megfelelő időben ejti el a "botot", amelynek a felső végére egy vasból készült kis csavart ragasztottunk. A hangkártyák sajnos nem tartalmaznak olyan portot amellyel vezérelni lehetne egy mágnest, de egy hangjel kibocsátásával ez a nehézség is áthidalható. A botot az ejtés megkezdése előtt egy vasból készült csavar rögzíti egy áram alatt lévő elektromágneshez. Az elektromágnes vezérléséhez egy kis elektronikát is el kellett készíteni (9. ábra), hogy illeszteni tudjuk az elektromágnes viszonylag nagy áramigényét a hangkártya kimenetéhez. Az elektromágnes alapértelmezetten (a mérés megkezdése előtt) be van kapcsolva. Ha a hangkártya kimenetéről váltófeszültséget (1 KHz frekvenciájú hangjel) küldünk egy transzformátoron keresztül a D2, C1 egyenirányítóra, akkor a Q1 bázisán megjelenő feszültség hatására Q2 lezár, és az elektromágnes elengedi a botot. Az ejtést vezérlő elektromágnes egyenáramú áramellátása a méréshez használt a PC USB portjáról biztosítható, amely különösebb erőlködés és melegedés nélkül képes biztosítani a tartáshoz szükséges áramot. Az ejtést vezérlő elektronika kapcsolása a 9. ábrán látható.



9. ábra: A bot ejtését vezérlő elektronika

A transzformátor és az elektromágnes az ebay-ről származik. Keresőszó (DC 12V Holding Electro-Magnet Lifting Solenoid, ill. a trafóhoz: Audio Transformers 600:600). A bot ejtését vezérlő elektronikát én egy univerzális NYÁK lapra szereltem fel, a 10. ábrán látható módon.



10. ábra: A szerelt elektronika



11. ábra: Ejtésre várva

Az ejtésre kész szerkezet fényképe a 11. ábrán látható. A LabVIEW - ban írt mérőprogramom egy eseményvezérelt adatgyűjtő, amely csak annyit tud, hogy az elektromágnes kikapcsolását követőn az AUDIO IN fizikai bemenethez csatlakozó érzékelő tekercs feszültségéből 10 000 mintát vesz 22 050 kHz –es mintavételi frekvenciával, majd az így nyert adatokat ábrázolja az idő függvényében. A mérést követően a LabVIEW -ban írt program megkeresi a lokális maximumok helyét és időpontját,

így könnyítve a görbe kiértékelését. A mérést vezérlő VI. blokkdiagramja a 12. ábrán látható. A LabVIEW program használatának alapjairól ebben az összefoglalóban nem szeretnénk feleslegesen beszélni, hisz mások azt már többszörösen megtették helyettem. [1,2,3,4].



12. ábra: A LabVIEW-ban írt mérőprogram

A 13. ábrán a kijelző képét láthatjuk egy ejtést követően a LabWIEW-ban írt program ablakában.



13. ábra: Egy mérés automatikus leolvasással.

A program és forráskódja letölthető a linkre kattintva.

#### Wobbler a fizikaórákon

Erre a mérőeszközre legtöbbször a 11. évfolyam fizikaóráin lenne szükség olyan méréseknél, amelyekben valamilyen fizikai mennyiséget mérünk a frekvencia függvényében. Az ilyen berendezéseket összefoglaló néven wobblernek hívják. Wobblereket már közel 80 éve gyártanak, de az áruk egy iskola számára gyakorlatilag még ma is megfizethetetlen. A hangkártya - LabVIEW párosnak köszönhetően nekem sikerült elkészíteni egy olyan virtuális wobblert, amely a hangfrekvenciás tartományban meglepően jól használható. Mielőtt ismertetném a részleteket, ejtsünk néhány szót a hagyományos műszerről. A wobblerek alapvetően két fő egységből állnak.



14. ábra Egy Triumph 830 wobbulator és a Trefort virtuális wobblere

Egyrészt megtalálható bennük egy olyan jelgenerátor, amelynek a frekvenciája folyamatosan változtatható adott lépésközzel. Másrészt egy másik fő egységben, minden frekvenciához mérhetünk egy feszültségjellé konvertált fizikai mennyiséget a frekvencia függvényében. A megjelenítéshez a hagyományos berendezések egy katódsugárcsövet használtak. A 14. ábrán egy közös képen egy Triumph 830 wobbulatort és a Trefortban létrehozott virtuális berendezést láthatjuk. A hangkártya - LabVIEW páros lehetővé teszi, hogy a virtuális műszerünkön a megjelenítés egy számítógép képernyőjén, vagy egy kivetítőn történjék, jól láthatóan akár egy egész osztály számára is. E hosszú bevezető után beszéljünk végre a műszer érdemi felépítéséről. Először is fogalmazzuk meg, hogy mit is várnánk egy ilyen műszertől. A legfontosabb, hogy ne egy célműszert fejlesszünk, hanem legyen multifunkcionális, olyan értelemben, ahogyan a berendezés elvi vázlatán (15. ábra) látható, azaz X helyébe a lehető legtöbb mérendő objektum beilleszthető legyen a B1 és B2 csatlakozók közé.



15. ábra A wobbler elvi vázlata

Ennek az elvnek megfelelően a hangkártya analóg (Audio Out) kimenetén előállítunk egy változtatható frekvenciájú állandó amplitúdójú szinuszos feszültséget. Ez az időben változó

frekvenciájú feszültség lesz a gerjesztő jel. A frekvencia változásával szinkronban a hangkártya analóg bemenetén (Audio Input) mérjük az R1-X feszültségosztóból származó váltakozófeszültség effektív értékét a frekvencia függvényében. Az X ebben az esetben lehet bármilyen impedanciával rendelkező elem (pl. induktivitás, kondenzátor, rezgőkör stb.). Egy másik mérésnél ugyanez az összeállítás jól használható hullámtani mérésekhez is, hisz ha a szinuszos gerjesztő jelet egy hangszóróhoz csatlakoztatjuk, akkor annak hangjával gerjeszthetünk egyszerű sípokat, gitártesteket, stb.. E rezonátorok válaszjeleit egy mikrofonnal váltófeszültséggé konvertálva, a gerjesztett eszközök rezonanciagörbéit kaphatjuk meg, amelyeknek segítségével pl. hangsebesség is mérhető. Egy harmadik esetben a gerjesztő feszültséggel - egy tekercs és egy mágnes segítségével- mechanikus elemeket is kényszerrezgésbe hozhatunk, így akár modellezhetjük is a Takoma híd katasztrófáját, áldozatok nélkül. Ebben az esetben gondoskodni kell egy olyan szenzorról, vagy egy megfelelő konverterről, amely a gerjesztett mechanikai rezgés amplitúdójával arányos váltófeszültséget állít ellő. Miután megfogalmaztuk a céljainkat, összerakhatjuk a virtuális berendezésünket a LabVIEW segítségével.

#### A wobbler vezérlőprogramjának ismertetése

A mérőrendszer motorja egy loop in loop ciklus [5]. A külső while ciklus a program kikapcsolását, ill. a folyamatos működést biztosítja (Stop kapcsoló). Egy ilyen ciklusra (16. ábra) azért van szükségünk, mert esetenként szeretnénk egymásra rajzolni görbéket, de egy újramérést követően a korábban mért görbe(ék) elveszik/nek, így a meglévő diagramra a rárajzolás már nem lenne lehetséges. A mi programunkban egy szelektor dönti el, hogy mérünk-e, vagy éppen a mérési paramétereket állítjuk be. Ez egy védelem is, hogy a mérés közben ne tudjuk változatni a mérésünk paramétereit. A külső while ciklus bal oldali részében beállíthatjuk, vagy módosíthatjuk a mérés főbb paramétereit (Fmin, Fmax, DeltaF, Amplitúdó). A mérés során a belső while ciklusban azonos időközönként (100 ms) növeljük a frekvenciát Fmin értéktől az Fmax értékig, DeltaF lépésközönként. Minden ilyen lépés közben veszünk néhány mintát a válaszjelet detektáló analóg bemenetről. E minták RMS (négyzetes közép) értékét megjelenítjük egy grafikus kijelző y tengelyén, miközben az aktuális frekvencia értéke az x tengelyt látja el adatokkal. A diagramról leolvasható, hogy a frekvencia léptetését egy a while ciklushoz adott shift register, és egy összeadó egység segítségével oldottuk meg. A mérés közben két külön ablakban látható a gerjesztő jel és a gerjesztett objektum válaszjele.



16. ábra A wobbler blokkdiagramja

A műszer használata során a bekapcsolást követően először beállítjuk az alsó és a felső frekvenciahatárokat. A sorrend tetszőleges, de arra azért figyeljünk, hogy az alsó határ kisebb legyen, mint a felső. Ezt követően beállíthatjuk a frekvencia lépésközöket. A kisebb lépésköz pontosabb mérést, a nagyobb rövidebb mérési időt eredményez. A gerjesztő jel amplitúdóját is igazítsuk a mérés körülményeihez. Ha egy próbamérés során nem az elvárt eredményt kapjuk, akkor a Mérés/Beállítás kapcsolóval visszaválthatunk beállítás üzemmódba és megváltoztathatjuk a beállításokat. A kapcsoló állásáról a kapcsoló mellett található virtuális LED tájékoztat. Ha ez villog, akkor mérünk, egyébként várunk, vagy beállíthatjuk a következő mérés paramétereit. Egy mérést követően a mérési adatok Excelbe is exportálhatók, így a mérési eredmények felhasználhatók csoportmunka céljára is. Ha a "Rárajzol" pipa be van kapcsolva, az új mérés eredménye nem egy üres grafikonon jelenik meg, hanem a korábbi grafikonra rajzolja az új mérés eredményeket. A program forráskódja letölthető a Trefort tárhelyéről [6].

## Mérések a wobblerrel

### Hangsebesség mérése sípok rezonanciája alapján

Az összes fúvós hangszer a hangszerben lévő légoszlop rezgéseinek köszönheti az alaphangját. Nagyon leegyszerűsítve, ha egy mindkét végén nyitott cső egyik végén hullámokat gerjesztünk, akkor a cső vége felé haladó hullámok a cső másik végén beleütköznek a kinti közeg eltérő akusztikai ellenállásába, és visszaverődnek. Ha a cső hossza és a gerjesztési frekvencia lehetővé teszi, hogy a visszavert hullám és a cső elejéről érkező hullám megfelelő fázisban találkozzanak, akkor állóhullám alakul ki a csőben. A cső két végén duzzadóhelyek alakulnak ki, míg a cső közepén a levegő mozdulatlan. A cső egyik végét le is zárhatjuk. Ilyenkor a hullám a zárt végről kénytelen visszaverődni. Az **emelt fizika érettségi** egyik kísérleti feladatában is hasonló méréseket<sup>1</sup> kell elvégeznie a diákoknak. Ezt a hangsebesség mérési feladatot mi a wobblerünkkel oly módon oldottuk meg, hogy nem a cső hosszát változtatjuk egy ismert frekvenciájú hangvillához alkalmazkodva, hanem a gerjesztő frekvenciát változtatjuk és figyeljük azokat a frekvenciákat, amelyeken a csőbe zárt levegőoszlop rezonanciába jöhet.

#### A kísérlet leírása

A kísérletben a cső egyik végéhez érzékelőként egy mikrofont csatlakoztatunk, míg a cső másik végét a wobbler kimenetéről származó váltakozó frekvenciájú feszültségből előállított hangjellel gerjesztettük. A gerjesztő hangjelet egy kisméretű fülhallgatóval vezetjük a csőbe. A szükséges hangerősséget egy PC-hez készített hangdoboz erősítőjének a közbeiktatásával érhetjük el.

A mérés helye a fizikaórán

- 11. évfolyam
- Rezgések és hullámok
- Hangsebesség mérése az emelt szintű érettségin

#### Mérendő paraméterek

- Mérjük a cső hosszát
- Az adott hosszhoz tartozó rezonanciafrekvenciát és a felhangok frekvenciáit

#### A mérés kivitelezése

Csatlakoztassuk a fülhallgatót a hangkártyához kapcsolt hangfal fülhallgató kimenetéhez, vagy közvetlenül a hangkártya fülhallgató kimenetéhez. A mikrofont is csatlakoztassuk a hangkártya

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> "Ismert frekvenciájú hangra rezonáló levegőoszlop hosszának mérésével határozza meg a hang terjedési sebességét levegőben!"

megfelelő bemenetéhez. Ezt követően a Windows keverőpultján válasszuk ki a mikrofont és állítsuk be az érzékenységét. Ha a mikrofonunk illesztő programja tartalmaz AGC beállítási lehetőséget, akkor azt feltétlenül kapcsoljuk ki (6. ábra), hisz nem szeretnénk, hogy a mikrofon erősítője automatikusan alkalmazkodjon a mikrofon jelszintjéhez. Miután beállítottuk a hangkártyát, indítsuk el a wobblert. Mérés közben a wobbler oszcilloszkóp ablakaiban figyeljük a jeleket. Elsősorban arra ügyeljünk, hogy nem vezérlünk-e túl valamit (ilyenkor szinusz helyett trapéz alakú jel látható az ablakban). A mérés összeállítása a 17. ábrán látható.



17. ábra A hangsebesség mérés összeállítása

A mérés eszköz és időigénye: 1 db kb. 30 cm hosszú 2 cm átmérőjű PVC cső, hangkártya, mikrofon, fülhallgató. A fenti ábrán látható 30,2 cm hosszú csővel elvégeztünk egy mérést. A mindkét végén nyitott síp rezonanciafrekvenciája a mérés eredményét bemutató 18. ábra szerint 528 Hz-nek adódott. A mért értékek alapján a hangsebességet a  $c=\lambda^*f$  összefüggésből számíthatjuk. Ebből  $\lambda=2^*(I+2d/3)=0,63$  m mert d=2cm, I=30,2 cm. Így mérésünk szerint c=0,63\*528=<u>332 m/s</u>. A mért érték 2,5 %-os hibahatáron belül van a 340 m/s irodalmi értékhez képest. Az ábrán látható, hogy 260 Hz-nél tapasztalható egy kisebb csúcs. Ez a fülhallgató torzításának köszönhető. A 264 Hz-es a fülhallgató által kissé torzított (részben négyszög alakú) hang tartalmaz egy kevés 528 Hz-es összetevőt is, így már ez a kis intenzitású összetevő is gerjeszti a csőben lévő levegőt. Ez a módszer olyan pontosnak bizonyult, hogy segítségével mérhető a hangsebesség hőfokfüggése is. Ha a hangsebesség közegtől való függésére vagyunk kíváncsiak, lecserélhetjük a levegőt CO<sub>2</sub>-re egy kis szárazjég segítségével.



18. ábra Hangsebesség mérése egy kicsit másként

#### Mérjünk impedanciát!

Váltakozó áramú elektromos hálózatokban az áramerősség effektív értéke a fogyasztók impedanciájától függ. A tankönyveinkben nagyon szép ábrák láthatók az egyes elemek ellenállásainak frekvenciafüggéséről. Ezen elemek soros vagy párhuzamos kapcsolásaiból olyan új elemek építhetők fel, mint pl. egy rezgőkör, amely még rezonanciafrekvenciával is rendelkezik. Az  $X_L(\omega)$ ,  $X_C(\omega)$ , ill.  $Z(\omega)$  függvényeket eddig csak a tankönyvek oldalain láthattuk. A hangkártya - MyDAQ párosnak és a Trefortban fejlesztett wobblernek köszönhetően ezek a mérések a jövőben 5 perc alatt elvégezhetőkké válnak, segítve ezeknek a kissé elvontnak tűnő fogalmaknak a jobb megértését.

A mérés helye a fizikaórán

- 11. évfolyam
- Elektromágneses jelenségek
- Induktív ellenállás, kapacitív ellenállás, rezgőkörök

Mérendő paraméterek:

Mérjük X<sub>L</sub>, X<sub>C</sub>, ill. a párhuzamos és soros rezgőkörök impedanciájának frekvenciafüggését. A gyakorlatban érdemes egy univerzális NYÁK lemez és két 3,5 Jack aljzat segítségével egy univerzális illesztő eszközt elkészíteni, és ehhez csatlakoztatni két röpzsinóron keresztül a mérendő x elemet. A mérésekhez én egy 100  $\Omega$ -os ellenállást építettem be a 19. ábrán látható "hardverbe".



19. ábra Univerzális illesztőkártya impedancia mérésekhez

#### Mérjük meg X<sub>L</sub> függését a frekvenciától

Kapcsoljuk a két röpzsinórral a vizsgálni kívánt tekercset (1200 menet, 13  $\Omega$ ) a 20. ábrának megfelelően, majd indítsuk el a wobbler programot 10 Hz alsó, 500 Hz felső frekvenciák között 10 Hz lépésközzel. A mérés eredménye a 21. ábrán látható, és nagyon szépen demonstrálja az órákon tanult X<sub>L</sub>=L $\omega$  összefüggést.





21. ábra Egy kb. 30 mH induktivitás impedanciájának frekvenciafüggése

### Mérjük meg Xc frekvenciafüggését is

Ha az előző mérésben használt tekercset egy kondenzátorra cseréljük a 22. ábrának megfelelően, akkor X<sub>c</sub> frekvenciafüggését mérhetjük meg. A mérés eredménye a 23. ábrán látható, és ez a mérés is szépen demonstrálja az órákon tanult X<sub>c</sub>=1/( $\omega$ C) összefüggést.



22. ábra Kondenzátorok bekötése a méréshez



23. ábra Egy 47 uF-os kondenzátor impedanciájának frekvenciafüggése

#### Párhuzamos LC kör frekvenciafüggésének vizsgálata



24. ábra Párhuzamos rezgőkör csatlakoztatása

Ha az előzőekben mért két elemből (L=30 mH 13 Ohm, C=47 uF) egy párhuzamos rezgőkört alakítunk ki, akkor egy rezgőkör impedanciájának frekvenciafüggését mérhetjük meg (24. ábra). A mérési eredményből leolvasható, hogy az impedancia maximuma a rezonanciafrekvencián alakul ki, és értéke alig kisebb, mint a tekercs Ohmos ellenállása. A mérésről készült videó [7] megtekinthető a YouTube videómegosztón. A 25. ábrán mutatjuk be két különböző kondenzátorral eltérő rezonanciafrekvenciára hangolt rezgőkör impedanciagörbéjét egymás mellett a frekvencia függvényében. Mérési eredményeink 10% alatti hibahatáron belül igazolják X<sub>L</sub>, X<sub>c</sub>, vagy a rezgőkörök frekvenciafüggéséről tanultakat. Kézzelfogható közelségbe hozzák a tankönyvek oldalain látható ábrákat. Az L és C értékei változtathatók, és jól megfigyelhetők a görbék alakjának változásai az egyes reaktív elemek értékének függvényében.



25. ábra: Két párhuzamos rezgőkör egymáshoz viszonyítva

Hasonlóan pontosan méréseket nyerhetünk soros rezgőkörök esetén is, de ezek a mérések már messze meghaladják a középiskolában tanulandókat.

#### GM számláló hangkártyára alapozva

Ha már szó esett a 300 Ft-os hangkártyák sokoldalú használatáról, zárjuk e fejezetet egy a modern fizika témaköréhez sorolható mérőeszköz ismertetésével. Ennek szemléltetésére álljon itt egy olyan adatgyűjtő program, amely egy hangkártya segítségével képes mérési adatokat előállítani egy olyan jelből, amely valamilyen módon egy Geiger-Müller számlálócsőből származik. A jel származhat közvetlenül egy GM cső munkaellenállásáról, de származhat egy kész mérőeszköz hangszórójának a kimenetéről is. A lényeg, hogy a jel alakja olyan legyen, hogy jól elkülöníthetően megjelenjen rajta a nyugalmi állapot és a beütés eseménye. A jelet digitalizáló elektronika ebben a mérésben is egy hangkártya Audio In bemenete. A mérés folyamán a hangkártya A/D konvertere a mintavételi időtől függően digitalizálja a bemenő jel egy szakaszát, majd ennek eredményét (az oszcilloszkóphoz hasonlóan) megjeleníti a "detektor jel kijelző" diagramon. Ebben az ablakban a detektorból származó jel egy aktuális szakasza jelenik meg az idő (vízszintes tengely) függvényében. Az 26. ábrán látható jelen jól elkülönülten megjelennek a csúcsok és az alapvonal. Ehhez a jelfolyamhoz kapcsoltunk hozzá a programban egy csúcsdetektort, amely képes megszámlálni az adott mintavételi idő alatt megjelenő csúcsok számát. Az, hogy mit tekintünk csúcsnak, ill. az alapvonalhoz tartozó zajnak, azt egy, a grafikonhoz csatolt "cursor" segítségével állíthatjuk be.



#### 26. ábra: Jelalak egy GM számlálóból

Ez a cursor (az idő tengellyel párhuzamosan megjelenő piros színű vonal) kijelöli azokat az amplitúdó értékeket, amely fölött már csúcsnak számítandó a jel. Ennek értékét a programban a cursor aktuális "cursor position y" értékéből olvashatjuk ki, egy property node egység segítségével. A csúcsdetektor felhasználva a cursor y pozíciója által beállítható határértéket, megszámlálja, hogy az adott mérési idő alatt hány eseménynek tekinthető csúcs található a jelben. Ezt az értéket a program a Count ablakban jeleníti meg. Előfordulhat, hogy a számlálónkból érkező jel alakja, valamely elektronikai oknál fogva a 26. ábrán láthatóhoz képest fordított fázisú jelként jelenik meg. Egy ilyen esetben a jelet a csúcsdetektor nem csúcsként értelmezné, ezért lehetőség van a bejövő jel invertálására. Ezt az "inverz jel" jelölőnégyzet bekapcsolásával érhetjük el. Ha a mérési időnek nem egy másodpercet választunk, akkor a beütések számát elosztva a mérési idővel megkapjuk a beütésszámot. Ezt az értéket ábrázoljuk az idő függvényében is. Ezen a CPS(t) grafikonon bemutathatjuk a háttérsugárzás véletlenszerűségét, vagy bemutathatunk a radioaktív bomlásokra jellemző bomlási diagramokat is a felezési idő szemléltetéséhez. A 27. ábrán egy világító számlapos zsebóra által keltett sugárzásról készült néhány mérés adatai láthatók.





27. ábra: A kijelző képe a 200. mérés után

A mérések közben statisztikát is készíthetünk a mérés ideje alatti beütésszámok eloszlásáról. Ennek alakulását a mérés során dinamikusan tanulmányozhatjuk a mérés kezdete óta eltelt idő növekedésének tükrében. A diagram az egyes beütésszámok gyakoriságát ábrázolja a beütésszámok függvényében. A vízszintes tengelyen leolvasható az 1 sec alatt kapott beütések előforduló száma, a függőlegesen tengelyen pedig az, hogy a mérési sorozatonként hányszor fordult elő ez az (Count) érték. Ezt a statisztikát készíti el a program. Ez a hisztogram olvasható le a mérés harmadik kijelzőjéről. A programot működtető VI. blokkdiagramja a 28. ábrán látható.



28. ábra: A GM számláló VI. diagramja

### Arduino és társai egy fizikaórán

Az előző fejezet megismertük, hogy egy hangkártyával is nagyon sokféle mennyiség mérhető, ennek ellenére azért érdemes kipróbálni néhány egyéb digitalizáló eszközt is. Az első fejezetben felsorolt lehetőségeket vizsgálva nehéz eldönteni, hogy melyik kártyát használjuk a fizikaórán. Távolabbról szemlélve ezek a kártyák nagyjából hasonló tudásúak. Legnagyobb múltja, és a leggazdagabb szenzorkínálata miatt talán az Arduinot érdemes választani, de az informatika órákon terjedőben van a BBC által kifejlesztett micro:bit is, amely már a kártyára integráltan is tartalmaz néhány szenzort. Én nem vállalom, hogy eldöntsem melyik kártya lesz a nyerő, hisz a SONY is még csak most szállt be ebbe a versenybe, és kapható már a Szegediek által fejlesztett EDQ530 is, de az elmondható, hogy bármelyik jól használható egy fizikaórán mérési vezérlési célokra is. Ami a tanórák szempontjából fontos lehet, az a mérési eredmények jól látható megjelenítése. Bár ezek a kártyák a felprogramozásuk után önálló életre is képesek, de a hozzájuk ajánlott kisméretű kijelzők erre a célra nem igazán alkalmasak. Szerencsénkre a Microsoft is megérezhette az ezekben a kütyükben rejlő lehetőségeket és készített egy olyan kiegészítő alkalmazást, amely közvetlenül Excelbe képes valós időben importálni a kártyák által mért mennyiségeket. A következőkben ezekre mutatnék néhány példát.

#### Ismerkedjünk meg a Data-Streamer-rel

A kapcsolat a kártyákból érkező adatok és az Excel között egy USB kábel közbeiktatásával a szabad soros portok valamelyikén (Com port) keresztül jöhet létre (29. ábra). Bár a kapcsolat két USB csatlakozó között jön létre, nem feltétlenül kell vezetékes kapcsolatra gondolni, hisz ezen eszközök jó része rádión keresztül is kommunikálhat egymással, így ha az egyik vevőként használt kártyát hozzákapcsoljuk a számítógépünk USB portjához, akkor a másik adóként használt kártya rádión keresztül kommunikálhat a vevővel, így az adóként üzemelő mérőeszközt már nem köti zsinór a számítógéphez. A Data Streamer lehetővé teszi, hogy a mérési adatokat az Excelben gyűjthessük bízva abban, hogy ezt már egy fizikatanár is kényelmesen személyre szabhatja saját ízlésének megfelelően.



29. ábra: Kapcsolat a kütyük és az Excel között (A kép forrása)

#### Az Excel felkészítése az adatok fogadására

Ha szeretnénk kipróbálni ezt a sokoldalú erőforrást, elsőként <u>töltsük le</u>, majd telepítsük a Microsoft Data Streamer beépülő modult. A telepítést követően elindítva az Excelt feltűnik, hogy a telepítés létrehozott egy új fület a menüszalagon "Microsoft Data Streamer" névvel (30. ábra).

Fájl	Kezdőla	p Beszúrás	Lap elrendezése	Képletek	Adatok	Korrektúra	Nézet	Fejlesztőeszközök	RC_data_stream Bővítmények	_Piláth.xlsx - Micro Data Streamer	soft Excel Team
Connect a Device *	Import Data File	Start Stop Data	Record Stop Data Recording	Capture Visualization	Reset Adva	anced (?)					
Data So	urces	Data Streaming	Data Recor	ding	Advance	d Help					
🖬 🔊 - (	(21 -> - ₹										
	N1	<b>▼</b> (e	$f_{x}$								

#### 30. ábra: Új fül a telepítés után

A további lépésekhez olvasgassuk a "Help – Microsoft Data Streamer User Guide" utasításait a Help ikonra kattintva. Ez a kis felhasználói kézikönyv lényegre törően rövid és könnyen értelmezhető. Az adatok gyűjtéséhez először csatlakoztassuk az adatgyűjtőnket valamelyik szabad USB porthoz, majd kattintsunk a "Connect a Device" nevű ikonra (31. ábra.)

X												RC_data_stream	_Piláth.xlsx - Micro	osoft Excel	
Fájl	Kezdőla	ар Ве	eszúrás	Lap el	rendezése	Képletek	Adato	k Korr	ektúra	Nézet	Fejlesztőeszközök	Bővítmények	Data Streamer	Team	
	<u> </u>	b				0	1	$\times$	?						
Connect a Device 👻	Import Data File	Start Data	Stop Data	Record Data	Stop Recording	Capture Visualization	Reset Data	Advanced	Help						
Data S	ources	Data St	reaming		Data Reco	rding	Adv	anced	Help						_
5-	(2"														
	N1	-	(=	$f_{x}$											

#### 31. ábra: Csatlakoztassuk a kártyát

Ennek hatására a program felismeri azokat a kapcsolatokat, amelyek éppen aktívak és a gépünkhöz egy Com porttal vannak fizikailag hozzákapcsolva. Válasszuk ki a saját eszközünket pl. egy Arduinot, vagy egy micro:bit kártyát. A kapcsolat sikerességét úgy ellenőrizzük, hogy nyissunk meg az advanced menüpontból egy előugró konzolt. Ennek a console fülére kattintva eredményes kapcsolat esetén megjelenik az adatfolyam, amelyet az adatgyűjtőnk szolgáltat. Ha egy működő, a későbbiekben előírt módon felprogramozott kártya esetén nem látunk adatokat, akkor állítsuk be olyan baud rate értéket amellyel az adatgyűjtő kommunikál. Ezt a panel alján látható Baud legördülő menü segítségével változtathatjuk meg (az alapértelmezett érték 9600). Kattintsunk a Start Data ikonra. Ha már látjuk az ablakban az adatfolyamot, az adatgyűjtő működésre kész. Első használat estén a Start Data ikonra kattintva az Excelünkbe megjelenik három új munkalap. Az első a Data In. Ebben táblázatos formában alapbeállításban 10 csatorna adatai láthatóak. Ha az adatok számát módosítanánk, akkor nyissuk meg Settings munkalapot. Ezen a munkalapon szabályozhatjuk az egy időben megjelenített sorok számát, beállíthatjuk, hogy hány vesszővel elválasztott adatot fogadjon az adatgyűjtő hardver egy kiküldött sorából az Excel. A mintavétel sebességét a Data interval mezőbe írhatjuk be 10 ms-tól 1000 ms-ig. Ezt követően saját diagramokat illeszthetünk a mért adatokhoz, vagy további számításokat végezhetünk velük.

#### Az adatforrások programozása

Az Excelbe kerülő összetartozó adatokat soronként kell kiküldeni az adatgyűjtő Com portjára. Ezért az összetartozó (azonos időben kiküldendő) adatokat egymástól vesszővel elválasztva, egy sorrá kell összefűzni (konkatenálni), majd egy writeline vagy printline utasítással elküldeni a program elején inicializált (baud rate stb.) és megnyitott soros portra. A Steam Reader az így elküldött adatsort

beilleszti az excel megfelelő celláiba és egy időbélyeggel is ellátja a beérkező adatokat. A következő com portra írt sor az excel következő sorába kerül. Az utoljára mért adatok a legutolsó sorban láthatók a korábban mértek pedig egy sorral előbbre lépnek. Az adatok küldéséhez nézzünk egy konkrét példát Arduinora:

```
int AnalogPin1 = 0;
int AnalogPin2 = 1;
String Eqy sor="";
int val1;
int val2;
unsigned long StartTime;
unsigned long ElapsedTime;
void setup() {
  Serial.begin (9600);
  StartTime=millis();
}
void loop() {
  val1 = analogRead (AnalogPin1);
  val2 = analogRead (AnalogPin2);
  ElapsedTime = millis() - StartTime;
  Egy sor.concat(val1);
  Egy sor.concat(",");
  Eqy sor.concat(val2);
  Egy sor.concat(",");
  Egy sor.concat(ElapsedTime);
  Serial.println (Egy sor); // Kiírjuk a sort
  delay (50) ; // Itt állítjuk be a mintavételi sebességet
  Egy sor="";
```

Ebben a mintaprogramban a program elején a setup-ban 9600 Baud rate értéket állítottam be, mert ez az adat megegyezik az Excelbe telepített Data Streamer alapbeállításával, de ez az érték szükség esetén bátran növelhető, csak ne feledkezzünk meg utána állítani a Data Streamerben is a Baud rate értéket. Ez a példa programocska csak annyit tud, hogy egy végtelen ciklusban méri az adatgyűjtés idejét a ciklus kezdete óta milliszekundumban kifejezve azt. Megméri a feszültségeket az adatgyűjtő A0 és A1 analóg csatornáján. Az adatokat vesszővel elválasztva összefűzi a concat függvény segítségével. Az eredményt pedig egy Serial.println() függvény segítségével írja ki a soros portra. Az eredményt én úgy dolgozom fel Data Streamerben, hogy az Arduinoból küldött időadatokból készítek egy idősort (x tengely) majd az y tengelyen ábrázolom az időponthoz tartozó feszültségértéket. Ebben az esetben az Excelünk kb. úgy működik, mint egy lomha oszcilloszkóp (32.ábra).

×≣	<b>5</b> ° ° ·	÷										cordoba	- Excel								
FÁ	JL KEZDÓLA	P BESZ	ÚRÁS L	APELREND	EZÉS KÉ	PLETEK	ADAT	OK VÉLEMÉI	NYEZÉS	NÉZET	FEJLESZ	TŐESZKÖZÖK	Proje	ct Córdo	ba						
1	Disconnect Device Data Source	Impo Data F	rt ile Da	Start S Data C ata Streaming	itop Data g	Recor Data	nd Stop a Record	Capture ng Visualization ding	Reset Data	Advanced	(?) Help Help										
W1	9 v i	$\times$	$\checkmark f_x$																		
	А	В	С	D	E	F	G	н	1	J	К	L M		N	0	Р	Q	R	S	Т	U
1	Adatok:	Ardui	no an	alog1	analoc	12															
				5	-	)															
2																					
3																					
4	time	CHI	CHZ	CH3																	
5	11:09:42.871	252	230	//402			1000														
6	10:50:02.293																				
7	Time	CH1	CH2	CH3										1							
8	11:09:42.211	858	838	76744		0	800			$\wedge$				/							
9	11:09:42.262	422	407	76794	50	50	1							/				/	$\backslash$		
10	11:09:42.312	393	376	76846	52	102												/	•		
11	11:09:42.363	614	605	76896	50	152	600	$\backslash$				/	$\sim$								
12	11:09:42.414	627	620	76946	50	202		*		1	1										
13	11:09:42.465	889	876	76997	51	253				1											
14	11:09:42.516	525	522	77047	50	303	400														
15	11:09:42.566	597	587	77097	50	353															
16	11:09:42.617	556	543	77149	52	405															
17	11:09:42.668	845	837	77199	50	455	200														
18	11:09:42.719	699	689	77250	51	506															
19	11:09:42.769	865	857	77300	50	556															
20	11:09:42.820	270	259	77350	50	606	0	10	10	200		300	400	)	500		600		700	800	
21	11:09:42.871	252	236	77402	52	658						_ = = =								5.00	
22	11:09:42.922	258	244	77452	50	708															
4	Mun	ka1 Da	ta In D	ata Out	Settings	6	Ð									4					
KÉSZ	<b>1</b>																				



#### Kondenzátor kisütésének idődiagramja

Mint azt már korábban jeleztem a Data Streamer azért válhat egy népszerű segédprogrammá, mert kártya függetlenül képes feldolgozni az Excelt futtató számítógép com portjára érkező adatokat. Ezért most bemutatnék egy olyan példát is, amelyben egy feltöltött kondenzátor kisütését vizsgálnánk az idő függvényében, egy micro:bit vezérlőt alkalmazva interfészként. Ebben a kísérletben egy feltöltött kondenzátor kisütésének idődiagramját állítjuk elő. A mérés kapcsolási rajza a 33. ábrán látható.



33. ábra: Kondenzátor kisülésének vizsgálata

A mérés lépései a következők: a P0 porton kiadunk egy (kb. 100 ms) pozitív feszültségimpulzust, amely az 1N4148 diódán keresztül feltölti a 470 uF-os kondenzátort. A töltőfeszültség kikapcsolását követően megszűnik a kondenzátor további feltöltése, mert a dióda ekkor már nem vezet, hisz a kondenzátor feszültsége nagyobb, mint a dióda anódfeszültsége. Ezért a feltöltött 470 uF-os kondenzátor elkezd kisülni a 2,2 k $\Omega$  ellenálláson keresztül. Ehhez a méréshez azért választottam ilyen nagy kapacitású kondenzátort, mert az így előállított RC tag időállandója jól alkalmazkodik a micro:bit nem túl nagy mintavételi sebességéhez. A kisülés közben a micro:bit 1 jelű szélesebb csatlakozóján mérjük a kondenzátor feszültségét az idő függvényében, majd az adatokat átküldjük Excelbe. A mérés szinkronizálásához felhasználjuk a két mikrokapcsolót is. A mérés az A gomb megnyomását követően indul, és a B gomb lenyomásával szakad meg a további adatok kiküldése a soros portra. A mérés fizikai megvalósítása az alábbi képen látható (34. ábra).



34. ábra: A mérés huzalozása "légszereléssel"

A mérési összeállítás annyira egyszerű, hogy még forrasztást, vagy próbapanelt sem igényel. Az ilyen egyszerű kapcsolási technikát légszerelésnek nevezzük. Az alkatrészek lábait egyszerűen csak összesodorjuk és az adatgyűjtőt krokodilcsipeszes röpzsinórral csatlakoztatjuk a micro:bithez. A vezérlőprogramot megírhatjuk a micro:bithez fejlesztett <u>blokk editorral</u> is, de tapasztalataim szerint lényegesen gyorsabb futást eredményez, ha a kódot Phyton nyelven írjuk meg a <u>MU</u> névre keresztelt fejlesztőrendszerben, majd az MU általa lefordított hex. kódot tölti fel a kártyára. A mérést vezérlő kódból (35. ábra) megállapítható, hogy az "A" gomb megnyomását követően létrejön egy 500 ms időtartamú impulzus a P0 jelű porton (a kondenzátor feltöltése). A kapcsoló lenyomását követően Sart nevű változó értéke TRUE lesz, így a döntési ágban a mérés és írás rész aktiválódik. Ebben a programrészben a mikrovezérlő megméri a P1 csatlakozón mérhető feszültséget, majd az új mérés és az előző mérés között eltelt időt, majd ezt a két adatot vesszővel elválasztva elküldi a soros porton keresztül az Excelnek. Két mérés között kb. 100 ms ideig várakozunk. A "B" mikrokapcsolót megnyomva, vagy 50 mérés után az adatgyűjtés felfüggesztésre kerül mindaddig, amíg az "A" jelű

gombot újra meg nem nyomjuk. A mérés állapotáról a LED mátrixra kiküldött szimbólumok tájékoztatják a felhasználót.

🕜 Mu 1.	0.0 - RC_kisut.py
Mode	New Load Save Flash Files REPL Plotter Zoom-in Zoom-out Theme Check
RC_kisut.p	by 🗶
1	from microbit import *
2	display.show(Image.SMILE)
3	START = False
4	$N = \Theta$
5	while True:
6	if button_a.is_pressed():
7	if START is False:
8	display.show(Image.YES)
9	pin0.write_digital(1)
10	steep(500)
11	STADT - True
12	to - running time()
13	N = 0
15	elif button b.is pressed():
15	if START is True:
17	display.show(Image.NO)
18	START = False
19	else:
20	if START:
21	s = ''
22	a = pin1.read_analog()
23	tu = running_time()
24	t = tu - to
25	<pre>to = running_time()</pre>
26	s = str(a) + ', ' + str(t) + ' + ' + 'n'
27	uart.write(s)
28	N = N + 1
29	steep(100)
30	1T N == 50:
31	TT STAKT TS True:
32	GISPLAY.SNOW(IMage.NO)
33	START = False

35. ábra: A mérést vezérlő kód

#### X RC\_data\_stream\_Piláth.xlsx - Microsoft Excel Fájl Kezdőlap Beszúrás Lap elrendezése Képletek Adatok Korrektúra Nézet Fejlesztőeszközök Bővítmények Data Streamer Team lii. lh 💿 њ 🗙 ? 6 Disconnett Import Device Data File Data Sources Data Streaming Data Sources Data Streaming Data Sources Reset Advanced Help Data Advanced Help - (= AC16 f<sub>x</sub> A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U Adatok:RC kisüt input A1 microbi:bit 1 2 3 4 Current Data U<sub>c</sub>(t) [mV] 8 09:59,4 108 5 Historical Data 6 7 Time A1 [mV] [mS] 8 09:54,2 900 2 3 000 m\ 9 09:54,3 805 109 10 09:54.3 722 109 11 09:54.4 649 109 2 500 mV 12 09:54,5 584 109 13 09:54,5 523 110 14 09:54,6 469 15 09:54,7 425 110 2 000 mV 16 09:54,9 381 111 17 09:55,0 343 110 18 09:55,1 308 19 09:55,2 277 110 1 500 mV

#### A mérés eredménye a 36. ábrán látható.



2000

1000

174 mV

3000

• • • • •

4000

5000

14

20 09:55,3

21 09:55,4

22 09:55,5

23 09:55,6

Kész 🎦

249

225

203

183

111

110

111

109 111

1 000 mV

 23
 09:55,6
 183
 111

 24
 09:55,7
 165
 109

 25
 09:55,8
 149
 111

 26
 09:56,0
 134
 109

 27
 09:56,1
 120
 111

 28
 09:56,3
 98
 111

 30
 09:56,4
 89
 109

 31
 09:56,5
 80
 111

 32
 09:56,6
 72
 109

 33
 09:56,7
 65
 110

 34
 09:56,8
 59
 109

 35
 09:57,0
 54
 110

 34
 09:56,8
 59
 109

 35
 09:57,0
 54
 110

 4
 Munka1
 Data In
 Data In
 Data Sout
 Settings
 102

#### Mérjünk hőmérsékletet

Ezekben a mérésekben a hagyományos hőmérőt válthatjuk ki lényegesen olcsóbb termisztorokkal. Leolvasásuk automatikusan történik, így a mérés során nem igényel külön figyelmet a hőmérők leolvasása, és az időbeli folyamatok is automatikusan megrajzolhatók. Az NTC (negative temperature coefficient, negatív hőmérsékleti együtthatójú) termisztorok ellenállása - összhangban a félvezetők fizikájáról tanultakkal - a hőmérséklet növekedésével exponenciálisan csökken. Az NTC ellenállások értéke a 37. ábrán látható egyenletnek megfelelően változik.

$$egin{aligned} R(T) &= R_0 \cdot \expigg(B \cdot igg(rac{1}{T} - rac{1}{T_0}igg)igg) & egin{aligned} B &= 3977.\ T_0 &= 298.15K\ T_0 &= 298.15K\ R_0 &= 10\,k\Omega \end{aligned}$$
 $T &= rac{T_0 \cdot B}{T_0 \cdot \ln(R/R_0) + B} \end{aligned}$ 

#### 37. ábra: Az NTC termisztorok hőfokfüggése

Ahol R<sub>0</sub> a 25°C-os hőmérséklethez tartozó ellenállás, B a termisztorra jellemző érték (a katalógusadatokból kikereshető), T pedig az abszolút hőmérséklet. A mérés nem igényel bonyolultabb elektronikát. Az <u>ebay-en vásárolt</u> (120 Ft) termisztorokat egy 10 k ellenállású fémréteg ellenállással hozzákapcsoljuk a méréshez választott micro:bit mikrovezérlő 3V feszültségű kimenetéhez, majd az így létrejött feszültségosztók kimeneteit hozzákapcsoljuk az analóg bemenetként használt 0 és 2 kivezetésekhez. A bonyolultabb áramkörtervezés még ebben az esetben is megspórolható, ha a kapcsolási rajzot is magában foglaló 38. ábrának megfelelően egy univerzális nyáklaphoz forrasztott krokodilcsipeszekkel csatlakozunk az áramkör csatlakozósávjához.



38. ábra: A kapcsolási rajz és a huzalozás

A mérőprogram Pythonban írt változata a 39. ábrán látható.

🕜 Mu 1.0	0.0 - dual_homero.py
Mode	New Load Save Flash Files REPL Plotter Zoom-in Zoom-out Theme Check Help Quit
dual_home	ro.py 🗶 vevo_radio_accelero.py 🗶 adó_radio_accelero.py 🗶
1	# Két termisztor
2	<pre>from microbit import *</pre>
3	display.show('T')
4	START = False
5	D = 2500
6	while True:
7	P = str(uart.readline())
8	if P != 'None':
9	$\mathbf{b} = \mathbf{P}[2:]$
10	n = b.find(',')
11	D = int(b[:n])
12	if button_a.is_pressed():
13	if START is False:
14	START = True
15	display.show(Image.YES)
16	<pre>elif button_b.is_pressed():</pre>
17	T SIARI IS ITUE:
18	SIARI = False
19	alsplay.snow(image.NO)
20	etse:
21	t = t = ring read enalog()
22	$t_1 = p_1 p_1 p_2 r_2 a_1 a_1 a_2 g_1$
23	$c_2 = p \ln (2 + i \alpha \alpha \alpha \alpha \alpha \alpha \alpha \beta \alpha)$
24	(1) $(1)$
25	sleen(D)
20	Steep(0)

39. ábra: A mérésvezérlő forráskódja

A kódból kiderül, hogy a mérési adatok továbbítása ebben az alkalmazásban is a kártyára integrált "A" mikrokapcsoló megnyomásával történik. A korábbi alkalmazásokhoz képest ebben a megoldásban talán még azt érdemes elmondani, hogy ez az alkalmazás folyamatosan figyeli az Excelből küldött adatokat, a P = str(uart.readline()) utasítás segítségével, és ha "üzen" az Excel, akkor az alapértelmezetten 2500 ms-ra állított mintavételi szekvenciát (a D változóban tárolva) átállítja az Excel által küldött új értékre. A rendszer kipróbálásához azt a **hetedik osztályos labormérésünket választottam**, amelyben egy kisebb térfogatú edényben lévő kisebb tömegű hideg vizet helyezünk a nagyobb tömegű meleg vízzel feltöltött kaloriméterbe, majd grafikusan ábrázoljuk a hőmérsékletek változását. A méréshez használt edények képe a 40. ábrán, a mérés eredménye 41. ábra látható. Az eredmény olyan szép, hogy akár egy tankönyvben is elhelyezhető lenne. Ez a mérőeszköz alkalmas lenne a "Kristályosodási hő mérése" **emelt szintű fizika érettségi mérés** automatizálására is.



40. ábra: A méréshez használt edények



X													két_h	őmérő_2.xls	x - Microsoft E	xcel				
Fá	jl Kez	zdőlap B	eszúrás	Lap elrendezés	e Képletek	Adatok	Korrektúra	Nézet	Fejlesztőes	zközök	Bővítmény	ek I	Data Streamer	Team						
ľ	🗎 🖁 к	(ivágás	Calib	ri *	11 * A A	- = = .	<b>*</b>	Sortöré	ssel több sorba	Általá	nos	Ŧ		4	Normál	òl		Rossz		Semlege
Beille	esztés 🦽 r	vlásolás ≠ iormátummár	F	D A - 🕀	- <u>&amp;</u> - <u>A</u>		目 道信	Cellaeg	yesítés 🔻	<u>.</u>	% 000 5	00 <u>400</u>	Feltételes	Formázás	Ellenőrzőce	ella Figy	yelmezte	Hivatkozo	ott	Jegyzet
	Vágól	lap	G	Betűtípu	s	6	Igaz	zítás		a l	Szám	G.	tormazas * ta	olazatkent *			Stílusok			
	<b>9 -</b> (° -	÷																		
	Z33	•	6	$f_x$																
	А	В	С	D	E	F	G	Н	1	J	К	L	М	N	0	Р	Q	R	S	Т
1	t	U1	U2	R1	R2	T1	T2	dt												
2	51:12,3	428	1604	1,66 KΩ	11,49 KΩ	71,8 °C	22,1 °C	1500 ms												
3	51:13,3	428	1604	1,66 KΩ	11,49 KΩ	71,8 C	22,1 C							T(t)						
4	51:14,4	428	1607	1,66 KΩ	11,54 KΩ	71,8 C	22,0 C	_												
5	51:14,6	428	1604	1,66 KΩ	11,49 KΩ	71,8 C	22,1 C	_												
6	51:29,6	446	1510	1,75 KΩ	10,14 KΩ	70,4 C	24,8 C	75,0 °	c											
/	51:44,7	499	12/9	1,99 KD	7,45 KΩ	62,0°C	32,0 C	_	•											
8	51:59,7	537	1088	2,10 K12	3,09 KU	63,5 C	38,4 C	_												
9	52:15,6	500	959	2,33 K12	4,70 K12	62,0 C	43,2 C	65,0 °	c		A.									
10	52:29,8	587	808	2,43 K12	4,07 KU	60.1 °C	40,8 C	-				-								
11	52:44,8	598	300	2,45 K12	3,00 K12	59.6°C	43,5 °C	-										•••	•	
12	52:35,5	612	702	2,54 K12	3,41 K12	59.0°C	52.2°C	55,0 °	с				~							
14	52:20.7	616	727	2,57 K12	3.07 kO	59.1°C	54.4°C	_												
15	53:45 7	622	692	2,50 km	3.00 kO	58.7°C	55.0°C					1								
15	54.00.0	625	690	2,01 ks2	2.93 kO	58.6°C	55.6°C	45,0 °	c		1	· · ·								
17	54.15.8	625	669	2.63 kO	2,55 km	58.6 °C	56.2 °C	-												
18	54:30.8	628	663	2.65 kO	2,84 kO	58.4 °C	56.5 °C				1									
19	54:45.1	628	657	2.65 kO	2.80 kO	58.4 °C	56.8 °C	35,01			/									
20	55:00.2	630	654	2.66 kΩ	2.79 kΩ	58.3 °C	57.0 °C			/										
21	55:15.9	630	651	2.66 kΩ	2.77 kΩ	58,3 °C	57.1 ℃	25.0.9												
22	55:30,2	633	648	2,68 kΩ	2,76 kΩ	58,1 °C	57,3 °C	25,0		^										
23	55:45,3	636	648	2,69 kΩ	2,76 kΩ	57,9 °C	57,3 °C													
24	56:00,3	639	648	2,71 kΩ	2,76 kΩ	57,8 °C	57,3 °C	15.0.9	c											
25	56:15,3	642	648	2,72 kΩ	2,76 kΩ	57,6 °C	57,3 °C	13,0	50:52,8	51:36,0	52:1	9,2	53:02,4	53:45,	6 54:28	8,8	55:12,0	55:55,2	56:8	38,4
26																				
27																				
28																				

41. ábra: A hőmérsékletkiegyenlítődés időbeli lefolyása

#### Egy összetettebb mérés: Áramjárta vezető mágneses terének vizsgálata

Mielőtt az Arduino pártiak megsértődhetnének, a változatosság kedvéért a végére egy Arduinora alapozott mérést is ismertetnék. A feladat egy áramjárta vezető mágneses terének a vizsgálata. Pontosabban a mágneses tér távolságfüggését kellene mérnünk. Ezt a nehézkes mérést ma az teszi lehetővé, hogy már néhány ezer forintért kaphatók olyan LCD kijelzős digitális tolómérők amelyekhez csatlakozni lehet egy mikrovezérlővel is. A mágneses teret a mobiltelefonokhoz fejlesztett filléres Hall cellás mágneses szenzorral mérhetjük. Mágneses szenzorként én a GY – 3110 (MAG – 3110) szenzort választottam (Full Scale Range ±1000  $\mu$ T, Sensitivity of 0.10  $\mu$ T), mert az ára 700 Ft alatt van és a gyártó SparkFun olyan könyvtárat ajánl az Arduinokhoz, melynek használata esetén a mágneses indukcióvektor x,y,z komponensének kiolvasása csak egy sor programozást jelent. A tolómérő illesztése sem igényel komolyabb hardverismeretet. Az 1,5 V-os gombelemről működő áramkört egy tranzisztorral illeszthetjük az Arduino TTL szintű bemeneteihez. A részletes leírást tartalmazó [8] irodalmat én csak annyiban módosítottam, hogy elhagytam a szintillesztőkben ajánlott tranzisztorok kollektor ellenállását, hisz megfelelő programozás esetén (Pullup Resistors with pins configured as INPUT) ezek az elemek elővarázsolhatók az Arduinoból is. A mágneses érzékelőt a tolómérő mozgatható részéhez rögzítettem, így pontosan mérhetővé válik a távolság a vizsgált vezetéktől. Olyan geometriát választottam, ahol a szenzor Z iránya merőleges a vezetéket tartó felület síkjára. Így a jobb kéz szabálynak megfelelően a vezeték mágneses terének (B) csak a Z irányú komponense függ a vezetéktől való távolságtól, míg a másik két komponens közel állandó, és csak a Földmágnesesség értékétől függ. Ennek x,y,z irányú összetevői árammentes állapotban lemérhetők, és a mérés további részében felhasználhatók az áramfüggés korrekciójához. A mérés geometriája a 42. ábrán, kapcsolási rajza a 43. ábrán látható.



42. ábra: A mérés geometriája



#### 43. ábra: A mérés kapcsolási rajza

A mérés kódja egyrészt tartalmazza a SparkFun\_MAG3110.h könyvtárat, így a mágneses tér mérése a szenzor inicializálását követően egy mag.readMag(&x, &y, &z); //Read the data utasítássá egyszerűsödik. A távolságmérés kiolvasása a tolómérőből az irodalomban található jól használható kódnak megfelelően történik. A főprogram csak azt figyeli, hogy megnyomta-e valaki az S1 nyomógombot, mert ha igen, akkor a rendszer mér egy távolságot és mágneses térerősséget a három

térirányban, majd egy vesszővel elválasztott adatsorként elküldi az adatokat az Excelbe ágyazott DataSteramer kiegészítőnek. A következő mérés előtt változtassuk meg a szenzor távolságát a vezetéktől és mérjünk újra az S1 gomb lenyomásával!

```
#include <SparkFun MAG3110.h>
MAG3110 mag = MAG3110(); //Instantiate MAG3110
int i;
int sign;
long value;
float milimeter;
int ora jel pin = 12;
int adat pin = 10;
int meres indit pin = 6;
unsigned long tempmicros;
String Egy sor="";
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(ora jel pin, INPUT);
  pinMode(adat pin, INPUT);
  pinMode(meres indit pin, INPUT);
  digitalWrite(ora jel pin, HIGH);
  digitalWrite(adat_pin, HIGH);
  digitalWrite(meres indit pin, HIGH);
 mag.initialize(); //Initializes the mag sensor
  mag.start();
                  //Puts the sensor in active mode
}
void loop () {
  if (digitalRead(meres indit pin) == LOW) {
  tavolsag mer();
 magnes mer();
 Serial.println(Egy sor);
  Egy_sor="";
  delay(1500);
}
}
//*****************
void tavolsag mer() {
 while (digitalRead(ora jel pin) == HIGH) {} //if clock is LOW wait until it
turns to HIGH
  tempmicros=micros();
  while (digitalRead(ora jel pin) == LOW) {} //wait for the end of the HIGH
pulse
  if ((micros()-tempmicros)>500) { //if the HIGH pulse was longer than 500
micros we are at the start of a new bit sequence
    decode(); //decode the bit sequence
    Egy sor=milimeter; //print milimeter with 2 decimals
    Egy_sor.concat(",");// távolság majd Hx
    delay(500);
  }
void magnes_mer() {
 int x, y, z ;
  if(mag.dataReady()) {
    mag.readMag(&x, &y, &z); //Read the data
    Egy sor.concat(x);
```

```
Egy sor.concat(",");
    Egy sor.concat(y);
    Egy_sor.concat(",");
    Egy sor.concat(z);
  }
}
//**************
void decode() {
  sign=1;
  value=0;
  for (i=0;i<23;i++) {</pre>
    while (digitalRead(ora jel pin)==HIGH) { } //wait until clock returns
to HIGH- the first bit is not needed
    while (digitalRead(ora jel pin) == LOW) {} //wait until clock returns to
LOW
    if (digitalRead(adat pin) == LOW) {
      if (i<20) {
        value|= 1<<i;</pre>
      }
      if (i==20) {
        sign=-1;
      }
    }
  }
  milimeter=(value*sign)/100.00;
  }
```



44. ábra: Egy mérés eredménye

Ez a továbbképzési összefoglaló - talán kissé megtévesztő módon - az "IKT eszközökkel támogatott fizikaórák" címet kapta. A leírtakból kimaradt, hogy a fizikaóráinkon bátran használhatunk IKT eszközöket szimulációkhoz, a tudás ellenőrzéséhez, és nem utolsósorban kreatívan hasznosíthatjuk a YouTube-on fellelhető rengeteg hasznos tudásanyagot is. Ebben a rövid összefoglalóban csak a mérésekről írtam, mert úgy érzem, ezen a területen rendelkezem kellő tapasztalattal ahhoz, hogy az általam felvázolt lehetőségek, mások érdeklődését is felkeltsék. A leírtak többsége viszonylag új lehetőségekre hívja fel a figyelmet, de a korábbi tapasztalataim azt sugallják, hogy ez a technológia 10 év múlva már csak a történelemkönyvekben szerepel majd.

[1]: Vizi Tibor - A világot meg is mérheted (<u>http://hungary.ni.com/akademia</u>)

[2]: Dr. Sudár Sándor, Dr. Oláh László, Dr. Zilizi Gyula: Méréstechnika, Mérés- és folyamatirányítás számítógéppel Debreceni Egyetem Kísérleti Fizikai Tanszék (<u>pdf</u>)

[3] Friedl Gergely: LabVIEW segédlet

[4] Kísérletek MyDAQ-ra hangolva Készült az ELFT és National Instruments 2017.-18. évi Tanári MyDAQ pályázatára. Készítette: Piláth Károly, a munkát segítették Koczka Vencel és Lipták Zoltán 11.A

[5] LabVIEW how to make a while loop (2) inside a while loop (1)

[5] LabVIEW how to make a while loop (2) inside a while loop (1)

[6] http://www.trefort.elte.hu/fizika/pilathlabwievforraskod.rar.

[7] <u>https://www.youtube.com/watch?v=\_XOOo9Lt0MM&feature=youtu.be</u>

[8] <u>Arduino reads digital caliper</u>