

előmenetelét. Nagy szerepet vállalt a nanotechnológia népszerűsítésében, kezdeményezője és elnöke volt az MTA Nano Törzsasztalnak.

Tudományos munkássága mellett jelentős volt oktatói tevékenysége is: évfolyamok sorát tanította az elektronikai alkatrészek, a nanotechnológia, az elekt-

ronikus kereskedelem témakörében. Aktívan részt vett a korszerű mérnökképzés fejlesztésében a Budapesti Műszaki Egyetemen és az utóbbi években a Debreceni Egyetemen is.

Emlékét tisztelettel őrizzük.

Pecz Béla

A FIZIKA TANÍTÁSA

SAJÁT FEJLESZTÉSŰ AD-KONVERTER AZ OKTATÁS SZOLGÁLATÁBAN

Poór Attila
Széchenyi István Gimnázium, Sopron

A soproni Széchenyi István Gimnázium 2008 őszén nyújtotta be pályázatát az Oktatási és Kulturális Minisztérium Útravaló Nemzeti Ösztöndíjprogram *Út a tudományhoz* című alprogramjára, amelyen 390.000,- Ft támogatást nyert.

A kutatási projekt célja egy oktatást segítő AD-konverter megépítése fizikai és kémiai mérésekhez, hozzá kapcsolható kiegészítő érzékelők tervezése, elkészítése, kommunikációs és feldolgozó szoftver kifejlesztése.

A feladatot *Poór Attila* kémia-fizikai-informatika szakos tanár vezetésével három 11. évfolyamos diák: *Balázs Ádám*, *Horváth Kristóf* és *Polgár Andor* oldotta meg (1. ábra). A pályázatot támogatta a Nyugat-

magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar Kémiai és Termőhelyismerettani, valamint a Faipari Mérnöki Kar Fizikai és Elektrotechnika Intézete.

A projekt eredményeit a csoport 2009. május 28-án mutatta be az érdeklődőknek a Széchenyi István Gimnázium fizika szaktantermében.

A helyi szaktanári körben már korábban megfogalmazódott a kitűzött cél iránti igény, hiszen az elmúlt években jelentősen csökkent a műszaki és természettudományos órák száma, ugyanakkor nem változott a tananyag mennyisége, ami a minőségi oktatást teszi szinte megvalósíthatatlanná. Ezekről a problémákról és a megoldási javaslatokról részletesebben olvashatunk *Kertész János: A Természettudományos közoktatás javításáért* című tanulmányában és a különböző tudományos szakmai ajánlásokban. (*Fizikai Szemle* 59/1 (2009) 26., valamint a Szemle <http://fizikaiszemle.hu> honlapján.)

A projekt megvalósítása pontos ütemterv szerint zajlott, a téma szakirodalmának feldolgozásától a gyakorlati kivitelezésen át az oktatási alkalmazhatóság vizsgálatáig. A feladatokat maradéktalanul megoldottuk, biztosítva a további fejlesztések lehetőségét. Az alábbiakban röviden összefoglalom az elvégzett munkát, s az elért eredményeket.

AD-konverter

Technikai paraméterek:

- 8 db 12 bites bemeneti csatorna
- 4 db programból vezérelhető kapcsoló
- 3 db kontroll LED (működés, kapcsolat és az 5 V-os kimenet)
- 5 V-os stabil kimenet, ami a mérő eszközök táplálására felhasználható
- méréshatár: 0–5 V
- érzékenység: 1,25 mV
- pontosság: körülbelül 1%

1. ábra. Polgár Andor, Balázs Ádám, Poór Attila, Horváth Kristóf



- maximális mintavételezés: 1000 db/s
- szabadon és pontosan állítható a mintavételezés sebessége (1000 db/s ... 1 db/perc)
- USB porton kommunikál a számítógéppel.

Az AD-konverter tokozott képét, valamint a szerelt belsejét mutatja a 2. ábra. A 3. ábrán az AD-konverter elvi kapcsolási rajza látható.

Az AD-konverter utasításkészlete:

A kommunikáció az AD-konverterrel az USB porton keresztül 8 byte-os csomagok formájában történik. Az első byte mindig 170 (csomag kezdete), a második az utasítás kódja, a harmadik és negyedik az utasítás paraméterei, az ötödik mindig 85 (csomag vége), a többi byte jelenleg nem használt.

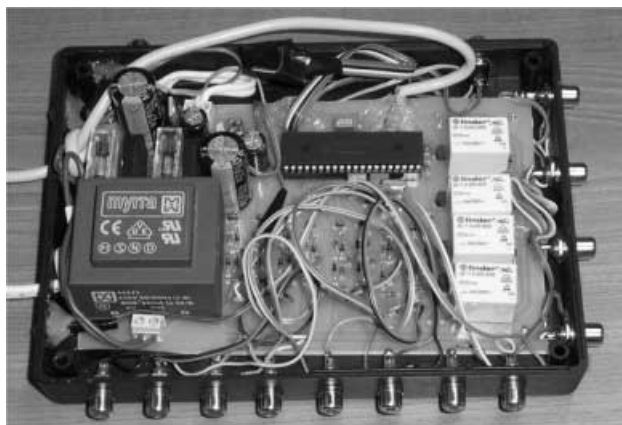
A kommunikációban egy mCHID.dll nevű file-t használunk, ezt az interneten találtuk és szabadon felhasználható. Ez a driver USB HID-on keresztül 8 byte-os csomagokat továbbít egy USB-s eszköz és a számítógép között. (Ezért használunk 8 byte-os csomagokat.)

Az AD-konverternek küldhető utasítások:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
170	1	csat	0	85	x	x	x
A mérni kívánt csatorna beállítása (csat: a beállítani kívánt csatorna sorszáma [0...7])							
170	2	hi	lo	85	x	x	x
A mérési időköz beállítása ms-ban (hi = ms div 256; lo = ms mod 256) (ms = 256·hi+lo)							
170	3	hi	lo	85	x	x	x
A mérések számának beállítása (hi = db div 256; lo = db mod 256) (db = 256·hi+lo)							
170	4	0	0	85	x	x	x
A mérés indítása							
170	5	0	0	85	x	x	x
A mérés megszakítása							
170	6	sz	0	85	x	x	x
Az sz sorszámú relé bekapcsolása [0...3]							
170	7	sz	0	85	x	x	x
Az sz sorszámú relé kikapcsolása [0...3]							
170	8	sz	0	85	x	x	x
Az sz sorszámú relé állapotának invertálása [0...3]							

Az AD-konverter által küldött válaszok:

A parancsok végrehajtása után az AD-konverter nyugtázza a feladatokat és visszaküldi a parancs második ... ötödik byte-jait. Ha az első byte tartalma 2, az azt jelenti, hogy az utasítást végrehajtotta. Elvileg, ha ugyanitt 3-at küld vissza, akkor az utasítást nem tudta végrehajtani. (Ilyent azonban nem tapasztaltunk!)



2. ábra. A tokozott Analóg-Digital-konverter, valamint belseje

A mért értékek küldésekor az első byte tartalma 1, a második és harmadik byte tartalmazza a mért értéket (mért érték = 256[második]+[harmadik]).

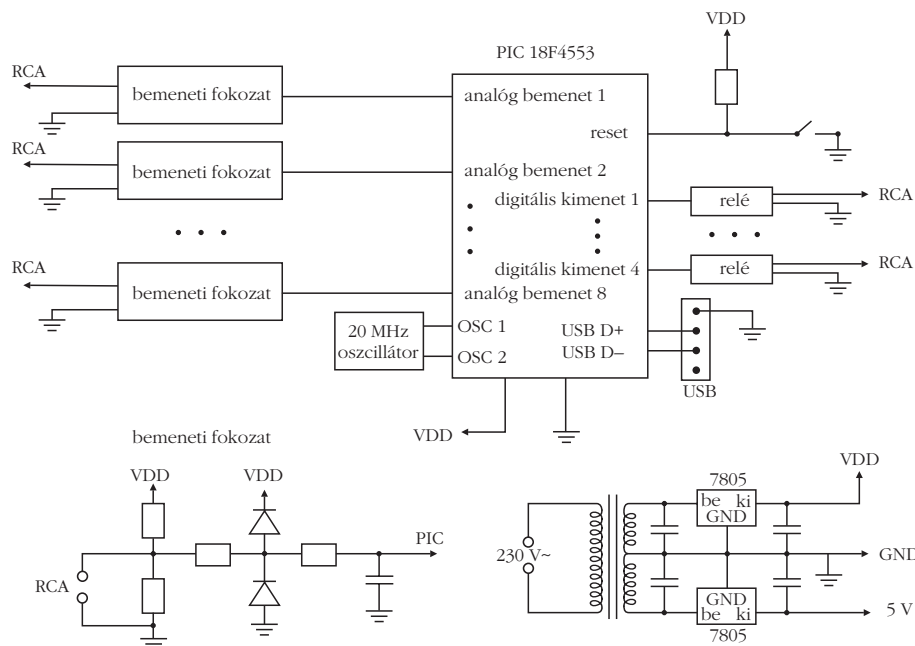
Mérőeszközök/érzékelők

Az eddig megvalósított mérésekben a következő fizikai mennyiségeket tudjuk mérni:

- **Megtett út:** ezt precíziós potenciométerek tengelyére szerelt korongokkal valósítottuk meg. Két mérőkorongot is készítettünk, egyikkel körülbelül 90 cm-es, a másikkal 210 cm-es elmozdulás vizsgálható körülbelül 1 mm-es pontossággal. Próbálkoztunk ellenálláshuzal alkalmazásával is, de érintkezési problémák miatt döntöttünk a potenciométerek alkalmazása mellett. Így egyébként sínpályára sincs szükség.

- **Hőmérséklet:** a klasszikus termisztoros megoldást választottuk. Egy 4,7 kΩ-os termisztor ellenállás-változását használtuk fel. Az érzékenysége 0,02 °C (0–40 °C intervallumban). Megfelelő kalibrálás után a pontossága 0,05 °C. Mivel mi a hőmérséklet-különbséget akarunk mérni, ezért nekünk a 0,1 °C-os pontosság is megfelelt. A termisztorok festékrétegét lakkozással erősítettük meg, mert vegyszerek jelenlétében (HCl és NaOH) használtuk. Ez a hőátadást egy kicsit lassította. A termisztor beállási ideje körülbelül 15–20 s. Próbálkoztunk műanyagréteg felvitelével is, ez sokkal ellenállóbbá tette a termisztor, de a beállási idő 90–120 s-ra nőtt, ezért mérésnél a lakkbevonatút használtuk.

- **Fényintenzitás:** egy fotoellenállás változásának mérésével elég nagy érzékenységgel határozható



3. ábra. Az AD-konverter vázlata

meg. Mivel az erre irányuló mérésünk egy másik érzékelő (CO₂) hiányában jelenleg még nem valósult meg, ezért a részletes vizsgálatokat nem végeztük el. Csak két tájékoztató adat: egy világító LED helyzetét 1–15 cm között körülbelül 0,5 cm-es pontossággal tudtuk meghatározni; az ablak előtt elhaladt teherautókat még 2 m-es távolságból is érzékelni lehetett. Természetesen egyszerűbb esetekben fénykapuként is használható, például fordulatszám-mérés, cseppek számlálása stb.

• *Hang*: a mikrofonokról jövő jel túl kicsi, hogy megfelelő pontossággal érzékelni lehessen, ezért készítettünk egy erősítőt, amivel már jól mérhető jeleket kaptunk. Mivel az AD-konverterünk mintavételezési frekvenciája jóval kisebb, mint a gyakorlatban használt hangkártyáké, ezért nem is ilyen jellegű hangfeldolgozást terveztünk. Beszéd felismerésére és feldolgozására nem alkalmas. A szabályos zenei hangok még jól vizsgálhatók és kirajzolhatók. Egyébként a környezetben bekövetkező hangintenzitás változásának észlelésére szántuk. Mellkasra erősített mikrofonnal a szívverés jól érzékelhető.

Szoftverek

Egy, az interneten található és szabadon felhasználható mcHID.dll nevű programon kívül az összes többi szoftvert mi készítettük. Az interneten találtunk néhány szabadon felhasználható példaprogramot a USB hídon való kommunikációról. Ezek túlnyomó többsége Visual Basic nyelven íródott. Ezért mi is ezzel a nyelvvél próbálkoztunk. Az első adatátvitelt is ezen a nyelven valósítottuk meg az AD-konverterünk és a számítógép között.

Későbbiekben megvalósítottuk az adatbeolvasást C# és Delphi programnyelveken is. Az egyedi szoft-

verek készítésénél a fő hangsúly áthelyeződött a Delphire. (Gimnáziumunk évek óta rendelkezik ezen programozói nyelv legális példányával.) A mért adatok feldolgozása és megjelenítése saját fejlesztésű programokkal történik.

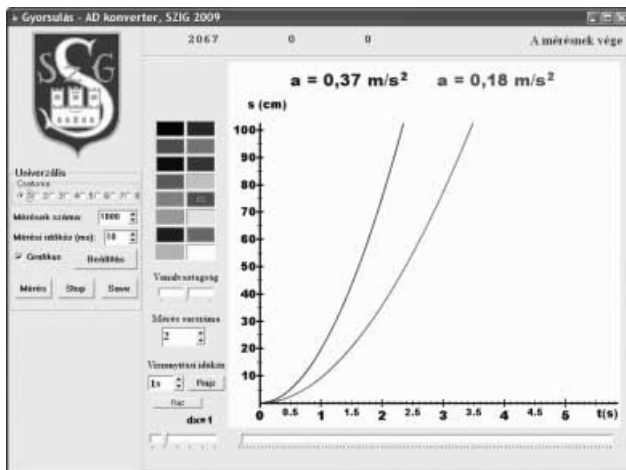
Visual Basicben az univerzális felhasználást biztosító programot készítettük el, lehetőséget adva, hogy a felhasználók egy XML file tartalmának módosításával saját elképzelésüknek megfelelően „testre szabhassák” a program megjelenítését. Az adatok összegyűjtését, ábrázolását és mentését valósítottuk meg, az elmentett adatokat mindenki a „kedvenc” programjával dolgozhatja fel. (Akár valamelyik táblázatkezelővel, így ké-

szen kap olyan matematikai segítséget, ami különben számára esetleg nehezen lenne megvalósítható.)

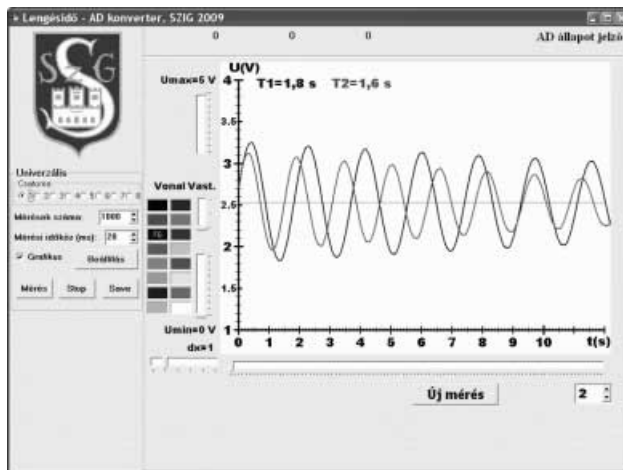
A C# nyelven csak az adatok beolvasását oldottuk meg, hogy a vállalkozó szellemű felhasználó saját „kénye-kedve” szerint dolgozhassa fel a mért adatokat.

A Delphi nyelven írt programjaink a leginkább testreszabottak. Az általunk készített alapprogramból fejlesztettük tovább az adott mérés igényeinek megfelelően. Mindegyik szoftverünkben lehetőség van a következőkre:

- Beállítani, hogy melyik csatornán akarunk mérni.
- Hány adatot és milyen időközönként akarunk mérni.
- Beállítható, hogy csak mérni akarunk vagy egyből ábrázoljuk is a kapott értékeket (a régebbi gépek esetén 10 ms-nál rövidebb idő alatt gondot jelent egyszerre mérni és rajzolni is, egy 5 éves gép, ha nem kellett rajzolni, gond nélkül tudott 1 ms-onként mérni).
- Mind a függőleges, mind a vízszintes tengely skálázható a várt értékeknek leginkább megfelelő tartományra.
- A vízszintes tengely görgethető, ha túl sok adatot mérünk, követhetjük az ábrázolt, de a képernyőn már nem látható jeleket.
- A célprogramok az adott méréshez kapcsolódó adatokat feldolgozzák és megjelenítik (pl. lengésszám, gyorsulás, reakcióhő stb.)
- Néhány célprogramban a szoftver automatikusan érzékeli a mérés megkezdését, természetesen itt is lehetőség van a manuális indításra.
- Egymás után több mérés is végrehajtható, összehasonlíthatjuk az ábrán különböző színekkel megjelenő értékeket.
- A mért adatok és az ábrák elmenthetők, később újra feldolgozhatóak.



4. ábra. Gyorsuló mozgás



5. ábra. Lengő mozgás

Megvalósult és bemutatott mérések

Gyorsulásmérés

A haladó mozgást egy potenciométerre szerelt korong segítségével érzékeltük. A potenciométert az AD stabilizált 5 V-os feszültségével tápláltuk. A kapott jel közvetlenül rávihető az AD-konverterre (4. ábra). Elég érzékeny összeállítást kaptunk, 1–2 mm-es változást már érzékelni lehetett.

Egy kiskocsira szerelt súllyal valósítottuk meg a gyorsuló mozgást. Körülbelül 1 m-es út áll rendelkezésünkre, 10 ms-onként mértünk. Az elindulást a program automatikusan érzékeli. A mérés végén kiszámolja és kiírja a gyorsulás értékét. A mérés megismételhető úgy, hogy kisebb súllyal húzzuk a kiskocsit. A más színnel rajzolt görbén azonnal látható a különbség. Természetesen ez a kiírt gyorsulás számértékén is látható. Ez egy jól reprodukálható és gyorsan elvégezhető, látványos kísérlet.

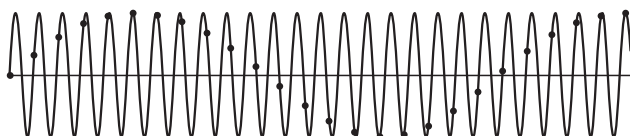
Lengő mozgás

A potenciométer tengelyére egy vékony rudat szereltünk, amelynek a végén egy elcsúsztatható nehezék volt. Az összeszerelés többi része megegyezett a gyorsuló mozgásnál leírtakkal. Ha két mérést végzünk, a súly elcsúsztatásával jól szemléltethetjük, hogy az inga lengésideje függ az inga hosszától (5. ábra).

Lebegés

Két egyforma frekvenciájú hangvilla közül az egyiket kicsit elhangoltuk. A két eltérő frekvenciájú hangot egy mikrofon és egy erősítő alkalmazásával vittük rá az AD-konverterre. Az AD-konverterünk nem elég gyors tetszőleges hangok feldolgozásához. Tiszta zenei hangok esetén viszont jól reprodukálható a jel,

6. ábra. Magyarázat a zenei hangok mérésének lehetőségéhez

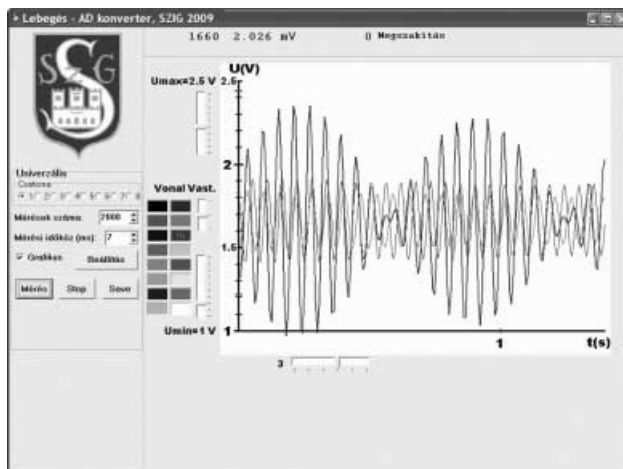


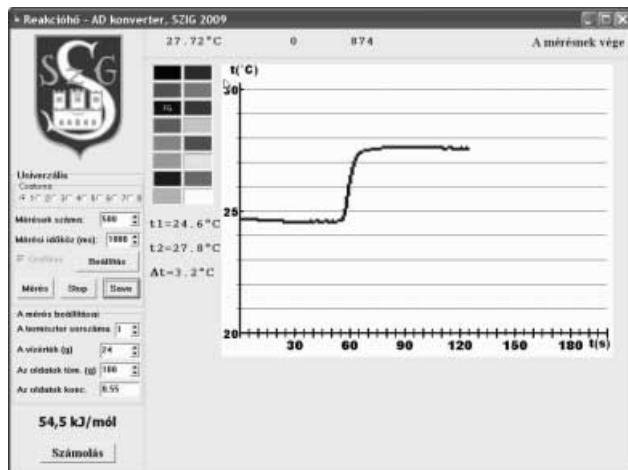
ha a hang frekvenciájának és a mintavételezés frekvenciájának hányadosa nem egész szám (6. ábra). A mi beállításunknál a hang frekvenciája körülbelül 3,1-szer volt nagyobb, mint a mintavételezés frekvenciája. Tehát 31 teljes rezgésből származó jelből rajzolt ki egy rezgésnek megfelelőt a képernyőre (7. ábra).

Reakcióhő mérése

Ez a mérés hagyományosan sok időt igényel. Ezt próbáltuk lerövidíteni, és a technikai igényeit is csökkentettük. Az oldatokat előző nap előkészítve elegendő egy hőmérő használata, hiszen a két oldat hőmérséklete egyforma. Mivel a mérést igyekszünk gyorsan elvégezni, ezért hőszigetelés nélküli edényeket alkalmazunk. (Mi mindössze két főzőpoharat és egy általunk készített termisztoros hőmérőt használtunk.) A viszonylag pontos eredmények érdekében hasonló körülmények között meg kell határozni a készülék vízértékét. Ezt az oldatok tömegével megegyező tömegű, különböző hőfokú vizek összeöntésével meg is tettük. Maga a mérés nagyon gyors. Az elején kell egy kicsit várni, amíg a hőmérő felveszi az oldat hőmérsékletét, ez körülbelül fél perc. Majd összeöntjük a két oldatot. A mi esetünkben NaOH-t öntöttünk HCl-ba. Az összeöntés után egy kis keverés, majd ismét várakozunk 1–2 per-

7. ábra. Lebegés





8. ábra. Reakcióhő mérése

cet, amíg a hőmérő beáll a végső hőmérsékletre. A program az oldatok tömegéből, koncentrációjából és a hőmérsékletváltozásból kiszámolja a reakcióhőt (8. ábra). Az így kapott értékek általában 10%-nál kisebb mértékben térnek el a tényleges értékektől. Az egész mérés elvégezhető körülbelül 5 perc alatt. Nem is a pontosság volt a fő célkitűzésünk, hanem egy gyors, a tanórán is elvégezhető kísérlet.

További tervezett és részben megvalósult mérések

Egyenesvonalú egyenletes mozgás

A gyorsuló mozgásnál ismertetett elrendezéssel megvalósítható. A kiskocsit kézzel vagy inkább egy kis motorral egyenletesen húzzuk. Természetesen mások a kirajzolt görbék és más a feldolgozásuk, értelmezésük.

Rezgő mozgás

Itt mindenképpen érdemes a sín pályát használni. A sín két végéhez rúgóval rögzített kiskocsi rezgéseit lehet vizsgálni. A kocsi egy kifeszített ellenálláshuzal felett mozog. Itt komoly érintkezési gondjaink voltak. Ha a kocsi egy pillanatra nem érintkezik a huzallal, az AD-konverterre hibás adatok érkeznek. Az érintkezés a kiskocsi súlyának növelésével javítható, de minden mérés előtt újra be kell „játszani” az optimális állapotot. Ha kevés a hibás adat, azt szoftveresen is ki lehet hagyni. Próbáltuk üzembiztosabbá tenni a kísérletet úgy, hogy itt is potenciométert használunk. Ez az érintkezési problémákat meg is oldotta, de itt egy ellensúlyra is szükség volt, ami visszaforgatja a potenciométert. Sokat kell próbálkozni, míg a megfelelő beállítást sikerül megtalálni. Mivel látványában nagyon hasonlít az ingánál tapasztaltakra és az sokkal egyszerűbben és megbízhatóbban kivitelezhető, egyelőre nem véglegesítettük ezt a mérést.

Szívműködés vizsgálata

Egy érzékeny mikrofont erősítettünk a mellkasra, majd a mikrofon jelét az erősítőn keresztül az AD-konverterre kötöttük. Csendes környezetben vizuálisan jól azonosíthatók a szívdobbanások. Fizikai terhelés után

(20 fekvőtámasz) jól látható, hogy a szívdobbanások közötti időszakok lerövidültek. Az esetleges háttérzaj miatt egyelőre tanórai bemutatásra nem alkalmas, de mindenképpen fejlesztésre alkalmasnak ítéljük. Megpróbáljuk sztetoszkóppal kombinálni a mikrofont, és hogy a szoftver automatikusan határozza meg a pulzusszámot.

Növények asszimilációjának vizsgálata

Egy búrában elhelyezünk egy növényt és egy CO₂ szenzort. A búrában megnöveljük a CO₂ mennyiségét 1–2%-ra, majd hermetikusan lezárjuk. Az AD-konverterre rákötiük a CO₂ szenzort és egy fényintenzitás mérőt. Több napon keresztül vizsgálánk, hogyan változik a CO₂ szint a fényintenzitás függvényében. Természetesen ezt nem tanórai mérésnek szánjuk, hanem inkább szakkör keretében. A kapott adatok már az órákon is bemutathatók, felhasználhatók. Ez a kísérlet azért nem valósult meg, mert nem tudtunk megfelelő CO₂ szenzort beszerezni! Több gázérzékelő szenzort is találtunk elfogadható áron, de ezek más gázokat érzékeltek (CO, SO₂, H₂S, NH₃, C₂H₅OH). Sajnos csak komplett, kazánházakban használható, nagyméretű riasztókat találtunk. Ezek elég drágák és inkább csak egy kritikus szint elérésének jelzésére valók, mintsem pontos mérésekre.

A következő tanévben szeretnénk befejezetlen terveinket is megvalósítani, reméljük, hogy új ötletek is érkeznek hozzánk. Mi nyitottak vagyunk, hogy minden értelmes, képzést segítő kísérletben részt vegyünk.

A projekt értékelése

A kutatási projekt egyik legnagyobb eredményeként elmondhatjuk, hogy megvalósult a tanár-diák együttgondolkodás, sikerült a munkába bevont diákok segítségével társaik figyelmét is felkelteni a téma iránt. A feladatot kihívásnak tekintették és lelkesen dolgoztak a megoldás érdekében.

A műszaki és természettudományi tárgyakat oktató kollégák iskolán kívül és belül egyaránt érdeklődtek, kérdések és közös fejlesztések iránti igények fogalmazódtak meg a fizika, kémia, biológia és informatika területéről.

Az elnyert támogatásból beszerzett Samsung plazmakijelző biztosítja a finomvonalas ábrák kiváló megjelenítését, a tantermi alkalmazást.

Összefoglalva: a projekt nemcsak a diákok tananyagfejlesztésben, kutatásban való részvételét segítette elő, hanem élményszerűbbé teszi a „mostoha”, kényszerből kísérletekben szegénnyé vált oktatást, segíthet a pályaválasztásban, annak megerősítésében. Ezt igazolja a diákok véleménye:

„A kutatómunka jóval nehezebb, mint középiskolai tanulmányaink, mivel utóbbiban elég 80%-ra teljesíteni, addig az előbbiben 100%-ot kell, különben az adott program nem működik.”

„Ez a kutatómunka nem hasonlított az iskolai tanuláshoz... a már megszerzett tudásunkat kellett alkalmaznunk, amely kiegészült új ismeretekkel, tapasztalatokkal, segítve a felsőoktatási tanulmányokra való felkészülést.”