

Semmiből szertárt

Zsigó Zsolt Miklós

Nyíregyházi Szakképzési Centrum Bánki Donát Műszaki Középiskolája
4400 Nyíregyháza, Korányi Frigyes út 15.

Nincs könnyű dolga azoknak a középiskolában tanító tanároknak, akik a modern fizika tárgyköréhez szeretnének kísérleteket végezni. „A gimnáziumi atomfizikai kísérleteink nyolcvan százalékát még ma is az Öveges által megalkotott kísérletek alapján végezzük. Ez természetes is, hiszen a Geiger–Müller-cső, a különféle spektroszkópiai felvillanások, filmek mind ugyanolyan érvényesek ma is, mint a harmincas években, amikor Öveges összegyűjtötte őket – érzékelteti Görbe László Öveges korszakos jelentőségét. – Ő azt a fizikusi hagyományt képviselte, amely szerint a kísérletezés, a jelenség, a leírás volt a fontos, nem a számolás.”

Ez a fenti gondolat volt az, amely arra készítetett, hogy keressék olyan lehetőségeket, amelyekkel kiegészíthető a szertárak eszközkészlete, és lehetővé válik a kísérletező munka.

Házi készítésű atomerő mikroszkóp modell (AFM)

Az atomi erő mikroszkópot elsősorban a nanotechnológiában alkalmazzák anyagok felületének vizsgálatára. A cél az AFM modellel való megismerkedés és segítségével betekintés az atomi világba, tanulókísérletek segítségével.

Elméleti alapok

Az AFM-ek számos változata ismert. Az atomi erő mikroszkóp (AFM - atomic force microscope) működése egy konzolra szerelt éles hegy és a minta felszínén levő atomok kölcsönhatásán alapul. A csúcs neve szonda, és ez egy igen hegyes tű, leggyakrabban szilícium a tű anyaga. A felhasználástól függően egy sor egyéb anyagból is készítenek tüket, például ilyen az egyetlen szén nanocsőből készített tű. A tű egy rugólapkához van rögzítve. A rugó-lapka meghajlásából lehet következtetni a tű és a minta közti erőhatásra. A rugólapkában ébredő erő mérésével tudjuk az erőhatást mérhetővé tenni. Az AFM érzékenységét a rugó-lapka meghajlásának megfelelő pontosságú detektálása jelenti. Ez optikai úton, egy lézernyaláb alkalmazásával valósítható meg. Az AFM mérőfejébe épített lézervedióda fényét a rugólapka hátsó (azaz a tűvel ellentétes) oldalára fókuszálják. A rugólapka által visszavert fényt egy megfelelő fotodióda érzékeli. A rugólapka atomnyi elhajlását tehát a lézersugár hosszú (több cm-es) fényútja nagyítja fel, teszi látható, mérhető méretűvé. Kétféle módon használható az AFM: kontakt, vagy érintkező mód, illetve az oszcillációs mód.

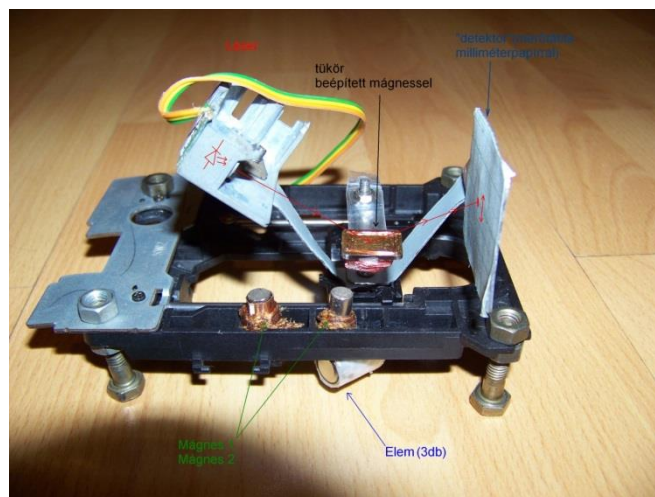
A modell megépítésnek céljai

Kettős cél lebegett a szemünk előtt. Az egyik, hogy az iskolánkban található elektronikai hulladék újrafelhasználásával alkossuk meg a modellt. Ezzel tudatosítani tudjuk diákjainkban azt, hogy ezek a kidobásra ítélt eszközök milyen sok értékes elemet, alkatrészt tartalmaznak.

A másik pedig az, hogy a bemutató modell segítségével az eredeti AFM működését szemléltetni tudjuk. A modell elkészítése közben sok tanult ismeret kerül felhasználásra a mechanika, az optika témaköréből. Az elkészítés során pedig a napjainkra elfeledett szerelési készséget, jártasságot is fejleszteni tudjuk. A modell megépítése így gyakorlatilag nem kerül pénzbe (1. ábra).

A kísérletek önállóan is elvégezhetőek a leírás alapján, így demonstrátort sem igényelnek.

Az a változat is elképzelhető, hogy a modellel adott néhány egységből, eleméből a szerelési útmutató alapján a kísérletet végző személy önállóan összeállítja a készüléket, és ezzel elvégzi a kísérletet.



1. ábra: Az AFM modell (Készítette: Hábel Ervin)

A különböző magyar, és idegen nyelvű forrásokban fellelhető LEGO elemekből AFM modellek sokasága készíthető el. Ez is járható út, a műszakilag nem felkészült gyermekek egy szerelési, összerakási útmutató alapján könnyen meg tudják valósítani az eszköz megépítését.

Természetesen ez csak egy modell, így nagyon sokban különbözik a valódi AFM mikroszkóptól. A mi modellünkben egyetlen erő, a mágneses erő hat csak az elemek között, a laborokban használt valódi AFM mikroszkópban a Van der Waals erők is hatnak.

Mire lehet használni?

Kapcsoljuk be az AFM lézert, és készítsünk egy hosszú záridős felvételt. Közben mozgassuk a fejet úgy, hogy a mérőtábla lézerpontja a kamera számára mindig látható legyen.

Amikor mozgatjuk a fejet, akkor a mágnesek taszítják azt. A tükörrre érkező lézernyalábot pedig ide-oda mozdítja. Egy ilyen atomtérkép minta feltérképezéséről készült kép látható az ábrán. (2. ábra).



2. ábra: A mintavételről készült hosszú záridőjű felvétel
(Készítette: Hábel Erőin)

Természetesen egy bonyolultabb atomsor is összeállítható, és a mérési eredményeket ábrázolhatjuk is, akár papíron, akár valamilyen táblázatkezelő program segítségével. Így nagyon jól használható tanulókísérletként is, akár úgy is, hogy a tanuló összeállít egy atomsort és egy másik tanuló térképezi fel azt.

A modell továbbfejlesztésének lehetőségei

A szondaként használt állandó mágnes helyére egy elektromágnezt téve úgy, hogy egy nyomógombbal működtethető, alkalmas lenne az „atomok” manipulációjára is. Pl. egy mintán egyes atomok áthelyezése.

1. táblázat Spektroszkópiai módszerek

Hullámhossz-tartomány		Sugárzás és anyag kölcsönhatása	Analitikai módszer
Gamma	0,5-10 pm	Magátmenetek	Mössbauer
Röntgen	0,01-10 nm	Belső elektron-átmenetek	Röntgen
Távoli ultraibolya	10-180 nm	Vegyértékelektronok gerjesztése	Spektrofotometria
Ultraibolya	180-350 nm		
Látható	350-780 nm		
Közeli infravörös	780-1000 nm	Rezgési és forgási átmenetek	IR-spektroszkópia
Infravörös	1-30 μ m		
Távoli infravörös	30-300 μ m	Forgási átmenetek	Mikrohullámú spektroszkópia
Mikro-hullámok	0,3 mm - 1 m	Forgási átmenetek, elektronspin átmenetek	
Rádióhullámok	1-300 m	Magspin átmenetek	

A spektroszkóptól a spektrofotometriai mérésekig

A spektroszkópia, és azon belül a spektrofotometria az egyik legelterjedtebb anyagvizsgálati módszer. A középiskolai tananyagban csak érintőlegesen szerepel, akkor is csak inkább a felhasználási körét mondjuk el a gyerekeknek. A középiskolákban viszont nem állnak rendelkezésünkre a megfelelő műszerek, eszközök.

Spektroszkóp házilag

A gyerekek természetesen szeretik az olyan lehetőségeket is, amikor szinte a szemétkosárból lehet spektroszkópot építeni.

A Science in School internetes magazin leírása [3] alapján el is készült az egykor gabonapelyhet tartalmazó dobozból és a már kidobásra ítélt CD lemezből a spektroszkóp. (3. ábra)



3. ábra: A spektroszkóp

NXT spektrofotométer (coloriméter)

Az egyik diák pár évvel ezelőtt részt vett az MFA Nyári Iskolájának programjában. A hatás elképesztő volt, hiszen a nanotechnológia teljesen magával ragadta. Ő kezdett mesélni a többieknek a spektrofotometriáról, amit ott ismert meg.

Az elektromágneses sugárzás, legyen szó akár a nagy energiájú γ -sugarokról, vagy a kis energiával rendelkező rádióhullámokról, kölcsönhatásba léphet az adott anyaggal. Ez a kölcsönhatás abszorpción (az elnyelt fény hozza létre a gerjesztett állapotot), vagy sugárzáson egyaránt alapulhat (emisszió - a gerjesztett atomok bocsátanak ki energiát). Az elektromágneses sugárzás és a különböző anyagi részecskék kölcsönhatásán alapuló spektroszkópiai módszerek az alábbi táblázatban láthatóak (1. táblázat):

A táblázatból számunkra egyértelmű volt, hogy arra, hogy spektrofotometriai méréseket végezzünk, csak a látható tartományban van esélyünk.

Iskolánkban 2007 óta foglalkozunk robotok programozásával, robotfejlesztéssel. A Lego Mindstorms készletekben lévő eszközök természetesen nem csak robotként, hanem mérésadatgyűjtő eszközként is képesek működni. A szenzorok (fény, szín, ultrahang, stb.) által mért értékeket az NXT mint interfész digitalizálja és tárolja, sőt fájlként is elmenthető. A fájl tartalma (az adatsor) importálható a legtöbb táblázatkezelő programba és a kiértékelés, a feldolgozás már elektronikusan is végezhető.

Az NXT téglá USB-n keresztül kommunikál a számítógéppel és grafikonon is képes megjeleníteni a mérési adatokat. A mintavételezés sebessége, és időtartama a felhasználó által változtatható.

Az egyik amerikai iskola honlapján egy lehetséges megvalósítást találtunk (Damion L. Irving tette közé munkáját [4]), de mi nem írtunk hozzá célszoftvert, hanem a gyárilag mellékelt szoftverrel (NXT-G 2.0, kiegészítve a Datalogging modul) végeztük a mérést.

A megfelelő szenzorok, portok kiválasztása után a szenzort kalibrálni kell, majd beállítható a mérés időtartama, és a mintavételezés ideje is. (4. ábra)



4. ábra: Egy mérés adatsora

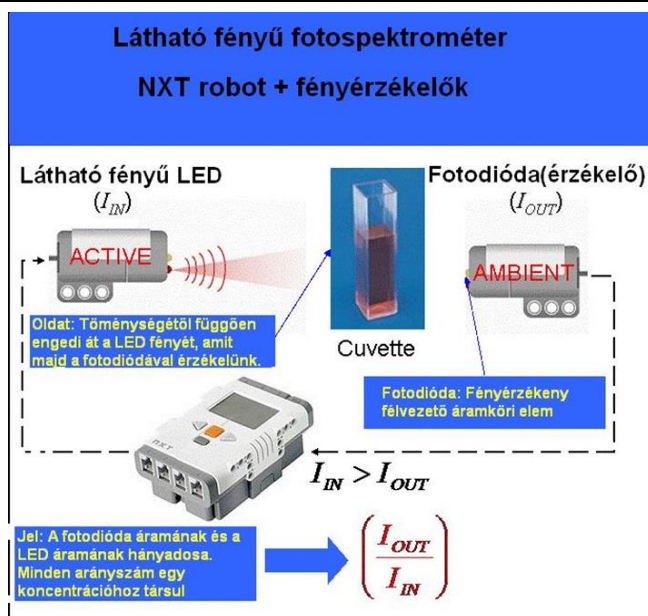
A spektroszkópiával bizonyos oldatok áttetszősége alapján állapítjuk meg a töménységüket. Referenciamintákkal, azaz ugyanolyan típusú, de ismert töménységű oldatokkal hasonlítjuk össze az ismeretlen koncentrációjú oldatokat.

A fotospektroszkópia azon alapul, hogy egy adott hullámhosszú (monokromatikus) fényel világítjuk meg az adott mintát. A fény színe az oldat színétől függ, általában az oldat színének negált megfelelőjét alkalmazzák.

A mérés elve

Az NXT robot mikroprocesszora lehetővé teszi a gyors mintavételezést (5. ábra) és így nem csak az oldat töménysége, hanem a benne zajló kémiai reakciók során változó fényáteresztés is mérhető.

Így egy adott kémiai reakció hevessége is megfigyelhető.



5. ábra: A mérés elve



6. ábra: A kísérleti összeállítás

A számítógép, a tintával színezett víz, jobbra fenn az NXT-téglá USB-vel a laptopozhoz csatlakoztatva. Fölötte a két szenzor egy Lego modulba építve (6. ábra).

Az ehető kísérlet

A matematika és a fizika órákon nagyon sokszor kerül említésre a Gauss-görbe. Úgy éreztem, hogy a gyerekek számára misztikus ez az objektum, talán használjuk ki arra, hogy közben irányítsuk a gyerekek érdeklődését.

„A normális eloszlás göbéjét először egy francia matematikus, Abraham de Moivre fedezte fel és közölte le 1733-ban. A normális eloszlást tudományosan két matematikus-csillagász, a francia Pierre-Simon Laplace és a német Carl Friedrich Gauss alapozta meg. Többben úgy vélik, hogy Laplace hozzájárulása a normális eloszlás tulajdonságainak tisztázásához jelentősebb volt, mint Gaussé, mégis Gauss után nevezték el a normális eloszlást Gauss eloszlásnak, miután Gauss volt az első, aki a normális eloszlást égitestek mozgására alkalmazta.

A természetben nagyon sok mért paraméter normális eloszlással írható le, mint például az egyének magassága, vérnyomása, súlya, stb. A normális elnevezés is arra utal,

hogy a mért adatainktól ezt várjuk, mert ez a természetes viselkedésük.”¹

A statisztikai kísérletek általában unalmasak szoktak lenni, mégis létezik egy olyan lehetőség, hogy a statisztikát és a véletlen folyamatokat egy vicces, könnyen tanulható kísérletre változtassuk. A most bemutatott kísérlet fellebbenti a fátylat a statisztika titkairól, a mindenki által ismert és használt mikrózható pattogatott kukoricával. A kipattogó magok hangja adja az adatokat, az adatsort ahhoz, hogy elvégezzük a kísérleteinket.

A popcorn fizikája [5]

Mitől függ az, hogy „pattog-e” a kukorica? Az erős hevítés hatására elpárolog a víz a szem belsejében és a gőz nagy nyomást hoz létre. A külső réteg egy bizonyos nyomásig nem reped szét. Ha a belső nyomás meghaladja ezt az értéket, a mag pattogó hangot hallatva szétrobban. Ekkor a keményítőtartalmú belső rész kiterjed (a keményítőszemcsék megduzzadnak) és készen áll az ehető, puhán dudorodó pattogatott kukorica. Ha a mag száraz, nem nő a belsejében akkorára a nyomás, hogy szét pattantsa a héjat. Ha túl nedves, a nyomás azelőtt repeszi szét, hogy a keményítő megfőne: a héj megpuhul, és idő előtt felhasad. Következésképpen a régi magok nem fognak robbanni.

De miért jobb a "mikrózható" popcorn? A popcorn készítése hagyományos módon serpenyőben történt, történik. A magokat egy serpenyőbe tesszük, amelyben kevés vaj, olaj vagy zsír van. A felmelegedett olaj egyenletesebbé teszi a hő eloszlását. A mikrózható popcorn egy zárt zacskóban tartalmazza a magokat, és a szükséges zsírt. Ez hatásosabbá teszi a reakciót.

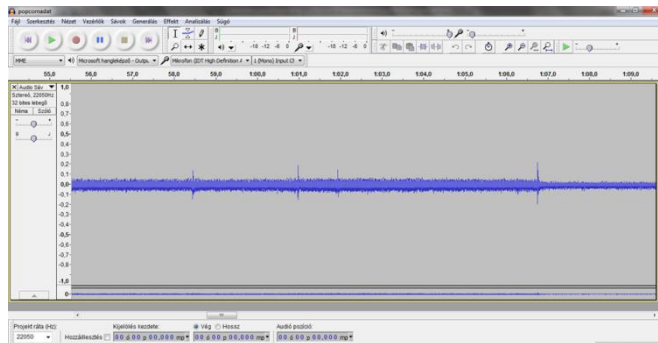
A kísérlet

A kísérlet célja az, hogy megállapítsuk a kukoricaszemek pukkanásai (pattogásai) számának eloszlását adott idő alatt. A méréshez egy mikrofont helyeztünk a mikrohullámú sütő ajtaja elé, és rögzítettük a magok pattogásának hangját. Erre használhatjuk a nyílt forráskódú Audacity szoftvert, amely képes a hangok rögzítésére, és hangmanipulációt is végezhetünk vele. Az Audacity könnyen használható, ingyenes, magyar nyelvű szoftver, közismert, általánosan használt.

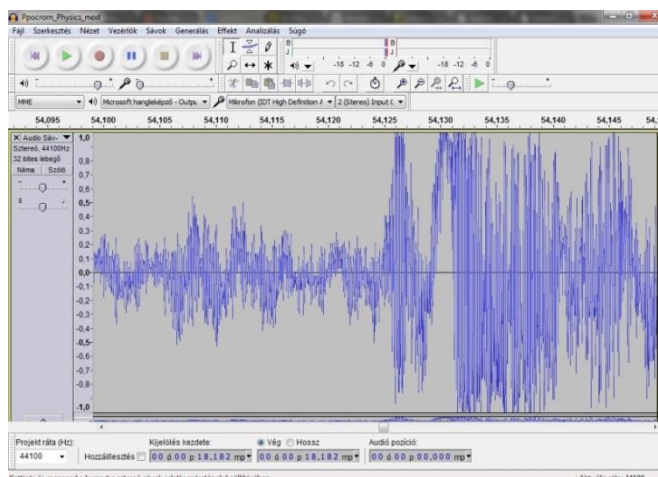
Amikor a zacskós popcornot betesszük a mikrohullámú sütőbe, fontos, hogy előbb indítsuk a felvételt, mint a sütőt. A mikrofon helye szintén fontos. Ha megfelelően állítjuk be, akkor kevesebb zajt rögzítünk. A mikrohullámú sütőknek, főleg a régebbi készülékeknek nagyon zajos a ventilátoruk. Tapasztalataink alapján a mikrofont közvetlenül az ablak elé téve lesznek a legjobb eredmények. Érdeemes néhány próbát tenni a mikrofon megfelelő helyének megtalálásához. Ha erre nem fordítunk elég figyelmet, akkor a gyenge jel és zaj aránya problémás lehet a kísérletben.

Különböző mintavételi arányokat használhatunk a hangfelvételhez. Érdeemes kipróbálni az alapértelmezett mintavételi ráta megváltoztatását: a 44100 Hz-t nem találtuk jónak, a 22050 Hz alkalmasnak tűnik. (7. ábra)

A mikrohullámú sütő forgótányéros. Az első pukkanást 58 másodperc elteltével halljuk. Jól látszik a ventilátor bekapcsolása miatt keletkező zaj is. (7. és 8. ábra)



7. ábra: A hangfelvétel



8. ábra: A pattogás hangja kinagyítva

A pattogásokat megszámláltuk, 10 másodperces időközökben. (2. táblázat)

2. táblázat A pattogások száma táblázatba foglalva

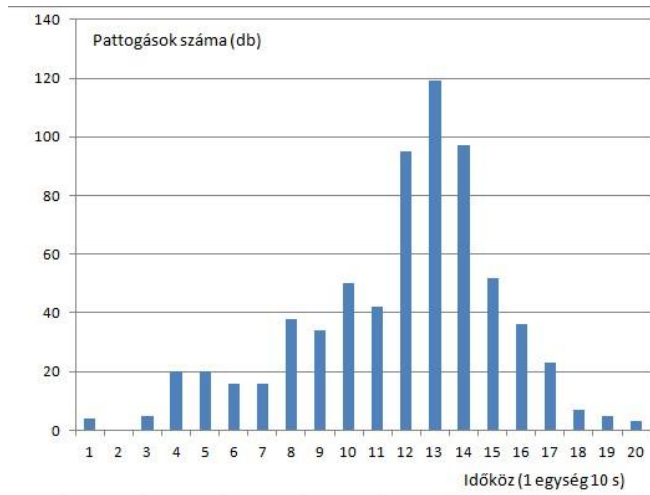
időköz [s]	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
pattogások száma [db]	4	0	5	20	20	16	16	38	34	50
időköz [s]	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
pattogások száma [db]	42	95	119	97	52	36	23	7	5	3

A felvétel elkészülte után megszámláltuk, mennyi olyan szem maradt, amely nem pattogott ki. Ennél a mérésnél 26 szem.

A zacskóba csomagolt popcorn 100 g kukoricaszemet tartalmaz. Sajnos, a kukoricára megadott ezermagtömeg (100-400g) olyan széles tartomány volt, hogy inkább megszámláltuk, 100g kukorica hány szemet tartalmaz. Ez ebben az esetben 696 szem volt.

A pattogásokat megszámláltuk, 10 másodperces időközökben, majd ábrázoltuk. (9. ábra)

¹ Huzsvai László: Kísérlettervezés (2007)



9. ábra: Oszlopdigramm készült

A gyerekek nagyon elégedettek voltak az eredménnyel. A következő ötletük az volt, hogy mi lenne, ha mikrohullámú sütő helyett egy kukoricapattogtató gépet használnánk, ahol a ventilátor által keltett zaj nem okoz problémát.

Láncreakció egérfogókkal

A láncreakció

A kémiai láncreakciók sokak számára ismertek. A magfizikai láncreakció ötlete egy magyar fizikustól, Szilárd Leótól eredeztethető. Ő volt az, aki felismerte, hogy lehetséges olyan maghasadás, amit neutronok "okoznak" és a hasadás termékei között újabb neutronok is vannak.

A maghasadás során keletkező hasadványok igen sokfélék, hozzávetőleg 200 izotóp ismert, amely az urán hasadásakor keletkezhet melléktermékként. Az ^{235}U hasadása során átlagosan 2,4 neutron keletkezik. Hasonló magreakcióra képes a ^{239}Pu is, itt azonban átlagosan 2,95 neutron keletkezik, és a felszabaduló energia is több.

A láncreakció kétféle módon valósítható meg:

- Szabályozott módon atomreaktorban, így a láncreakció ellenőrizhető, szabályozott módon zajlik le, a teljesítmény állandó.
- Nem szabályozott módon, pl. atombombában, a reakció során nagyon rövid idő alatt hatalmas energia szabadul fel.

Milyen kísérletek vannak a láncreakció bemutatására?

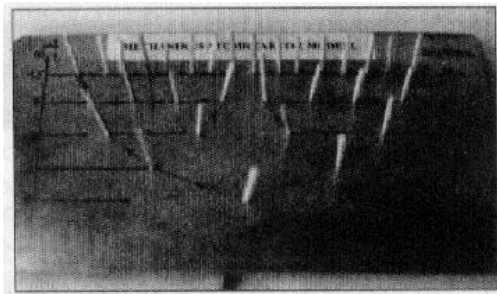
A keresés során az első találat a Fizikai Szemle 1998²-as számában:

„A láncreakció és reaktor gyufás modellezése”

A hírhedt piramisjátékokat szinte minden gyerek ismeri. Ehhez hasonló folyamatot nem nehéz megértetni a tanulókkal. Sokan ismerik a legenda szerinti sakkozó történetét is, ki az uralkodótól győzelméért "csak" annyi búzaszemert kért, amennyi a sakktábla első mezőjére tett egy szem induló és minden további mezőn megduplázott

búzaszemekkel adódna. A 64. mezőre a világ összes búzatermése sem lenne elég!

A láncreakció is hasonló folyamat. A szabályozatlan és szabályozott láncreakció gyufás modellel szemléltethető (10 ábra). A szabályozott láncreakció síkbeli gyufás modelljét a fénykép mutatja. A 15x25 cm² méretű alumínium lapra 5 sorban 1, 2, 4, 8, és 16 lyukat (2 mm átmérőjű) fúrunk a kép szerint. A furatok éles széleit 5 mm-es fúróval kissé leperemezzük. Így könnyebben lehet a gyufaszálakat befűzni. A gyufaszálakat vastagabb pamutfonállal kötjük össze először szabályozatlan, majd a szabályozott modellnek megfelelően. Szűcs József írja erről:



10. ábra: A gyufás modell

"A láncreakció beindítása úgy történik, hogy a gyufafejek közötti fonálszakaszokon borszesszel (Vigyázat: nem robbanó anyaggal, például benzinnel!), ecset segítségével átitatjuk, majd az első gyufafejet meggyújtjuk. Ekkor a gyufafejek begyulladásá szabályozatlan, vagy szabályozott formában láncreakciót modellezve történik. Megjegyzés: Vigyázzunk, a kísérlet TŰZVESZÉLYES! Célszerű a fémlapot egy nem éghető tálca felett Bunsen-állványon rögzíteni függőleges síkban úgy, hogy az első gyufafej felül legyen."

Ügyeljünk arra, hogy a nem éghető (tálca) lap ne legyen nedvszívó sem (például palalap vagy fémlap) és az esetleg elcsöppent szeszt töröljük fel, valamint az ecsettel történő denaturált szesz átítatáskor ne kerüljön a fonalak mellé alkohol. Az alkoholos üveget zárjuk le, az ecsetet is tegyük távolabb. Csak ekkor gyűjtjük meg a bevezető szálát, mely majd beindítja az első "maghasadást" jelképező 1. gyufafej belobbanását. A lapot kissé ferde helyzetben tartva (tehát ne teljesen függőlegesen) a tanulók végig jól láthatják (és élvezhetik) a látványos tűzijátékot, melynek végén, ha elég ügyesek vagyunk, mind a 16 gyufa belobban. A kísérlet után szellőztessünk!"

A kísérlet látványos, de elég veszélyes is, úgy gondoltam, hogy nem ezt a kísérletet keresem.

Hasonló kísérletet találunk a 101 ötlet innovatív tanároknak - című kiadványban is³:

„Amennyiben lehetséges, végezzük el a láncreakciót szemléltető kísérletet. Szükséges eszközök: 2 darab A5-ös méretű fémlap, amelyek egyenlő távolságú furatokkal (lyukakkal) vannak ellátva. A furatokba gyufaszálakat helyezünk. Összesen kb. 3 doboz gyufa szükséges. A kísérlet veszélyessége miatt poroltó, víz legyen a közelben. Az egyik gyufát meggyújtjuk, majd a 2 lapot egymáshoz közelítjük.”

² Fizikai Szemle 1998/5. 168.o.MAGFIZIKAI KÍSÉRLETEK 14 ÉVES TANULÓKNAK II. Sebestyén Zoltán

³download.microsoft.com/ documents/hun/edu/101-otlet.pdf

Láncreakció egérfogókkal?

Ez egy szórakoztató, egyszerű, és viszonylag olcsó lehetőség arra, hogy szemléletesen bemutassuk a láncreakciót.

A kísérlet a motivációs kísérletek közé sorolható, mivel az előkészítő munkálatokba a gyerekek nagy számban vonhatóak be. Az első ilyen kísérlet egy Disneyland sorozat egyik epizódjában látható, melynek címe: Our Friend The Atom. Ebben a filmben láthatóak először egérfogók egy kísérletben. (<http://www.imdb.com/title/tt0151857/>)

A kísérlet pontos leírása az amerikai Fizikushallgatók Szövetsége [6] honlapján található meg. A 2011-es évben a Science Outreach Catalyst Kits keretében mutatták be részletesen a kísérletet, és nagyon jól dokumentálták is. Ez sok segítséget nyújtott számunkra, igaz, a mi lehetőségeink korlátozottak voltak.

Célok:

- a diákok legyenek képesek megérteni a maghasadás jelenségét,
- a diákok értsék meg a láncreakció jelenségét,
- legyenek képesek megtalálni az analógiát az egérfogós bemutató kísérlet, és a természeti jelenség között.

A tapasztalatok szerint már 45-50 darab egérfogóval, és 46-51 pingponglabdával jól bemutatható a kísérlet (11. ábra), ha több egérfogó, és pingponglabda van, akkor sokkal látványosabb! A pingponglabda nagyobb kiserelésben is kapható. Jól működhet a „Hozz egy pingponglabdát a kísérlethez!” kezdeményezés is!



11. ábra: Az indításra kész kísérlet

A modell jó, mert

- az egérfogók ugyanolyan instabilak, mint az uránatomok,
- amikor egy pingponglabda ráesik az egérfogóra, akkor két pingponglabdát indít útjára,
- a pingponglabdák indítják a következő reakciót,
- akár mindkét labda is indíthat új reakciót,
- az egérfogókat övező falak a labdákat a reakció helyszínén tartják, szerepük, mint a neutrontükröz.

A modell hiányos, mert

- nincs két hasadvány, és három neutron sem termelődik,
- a maghasadás során adott valószínűséggel különböző hasadási módok lehetnek, itt azonban mindig csak egyféleképpen zajlik le a reakció,
- a valóságban nincsenek ilyen közel egymáshoz az uránmagok,
- az esetleg felugró egérfogók is elindíthatnak láncreakciót, nemcsak a pingponglabdák.

Iskolai, közösségi programként, témahét [7] egyik részeként megvalósíthatóak az ilyen, az egész közösséget megmozgató programok.

Radon detektor diákok számára

A célom egy olyan jó gyakorlat kidolgozása volt, amely különösen alkalmas a heterogén összetételű tanulócsoporthoz való alkalmazásra. A munka első részében természetesen a szükséges alapismereteket el kell sajátítani, de nem fogalmazunk meg szigorú követelményeket a belépő diákok tudásszintjével kapcsolatban. A kutatásalapú tanulás komoly módszertani felkészültséget igényel a jó gyakorlatot megvalósító tanároktól: képesnek kell lenniük a kooperatív tanulás, a projekt alapú tanulás, a differenciált tanulás szervezés megvalósítására, a segítő értékelés alkalmazására és a digitális eszközök, tananyagok használatára. A projektmunka során a korszerű természettudományos műveltség sokrétűen fejlődik: az ismeretek, a készségek-képességek és attitűd elemei egymást erősítve, kiegyensúlyozva és hatékonyabban fejlődhetnek. A tanulók aktív részvétele révén javul a munkamorál és ez jelentős mértékben hat a tanórák fegyelmére is. Nagymértékben épít a diákok kreativitására, ugyanakkor több képességterületen is megmutathatják tehetségüket.

Miért pont a radon?

Hazánkban már régóta folyik az ország különböző területein a radon aktivitás-koncentrációjának mérése. Ebben a munkában példaértékű volt a RAD Lauder Labor 1994 és 1998 között végzett, több mint 10000 lakásra, lakóterre kiterjedő mérésorozata. A fenti példa azt mutatta, hogy érdemes lenne egy ilyen mérést a diákjaimmal megvalósítani. A legnagyobb kérdés az volt, hogy milyen eszközökkel tudjuk elvégezni a méréseket, hiszen a megvalósításra forrásaink nincsenek.

Saját építésű detektor?!

Ráadásul konzervdobozból! A Charles Wenzel által fenntartott [techlib.com](http://www.techlib.com)⁴ elnevezésű weboldal nagyon sok érdekességet tartalmaz azok számára, aki nem riadnak vissza attól, hogy a kísérleti eszközöket maguk építsék meg. Természetesen az oldalon találunk nagyon bonyolult és meglehetősen drága, illetve veszélyes eszközöket is. Azonban itt találtam rá egy olyan detektor leírására, amelyet a középiskolás diákok is képesek elkészíteni, és nem is kerül sokba!

A műszer olyan felépítésű, hogy azt diákok is könnyen elkészíthetik. Egyszerűsége miatt nem igényel különösebb elektronikai előképzettséget, komponensei könnyen beszerezhetők, valamint olcsók.

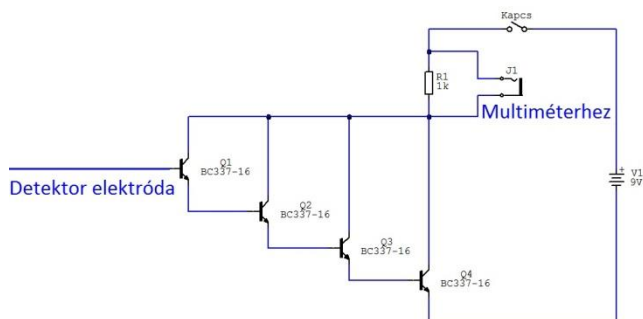
Annak ellenére, hogy ez egy hobbi készülék, meglepően érzékeny; igen kicsi mértékű radioaktivitást is képes detektálni, és egy sereg kérdésre segíthet választ adni.

Az ionizációs kamra felépítése, működése

A kamra felépítése pofonegyszerű, egy fém házból (pl. konzervdoboz) illetve egy középen elhelyezkedő vezetékű áll, ami a Darlingon tranzisztor bázisához van kapcsolva. (12.

⁴ www.techlib.com

ábra) A tranzisztoros erősítő kimenetén digitális feszültségmérővel vizsgáljuk az erősített jelet. A multiméter bemenete kb. $10\text{M}\Omega$. Amikor egy radioaktív részecske bekerül a kamrába, akkor az ionizálja a benne található gáz egy részét. Mivel az ionizációs kamrára feszültséget vezetünk, így a szétválasztott részecskék a megfelelő polarítások irányába kezdenek vándorolni, ami egy kicsiny áramot eredményez. Ezt az áramot erősítjük tovább a tranzisztoros erősítővel.



12. ábra: A kapcsolási rajz

A multiméteren 10mV -os feszültség $10\text{M}\Omega$ ellenálláson 1nA (nanoamper) áramerősséget jelent. A Darlington tranzisztor erősítését figyelembe véve ($\beta \approx 30000$) a bázisáram kb. 33fA (femtoamper) nagyságú lehet. 1 femtoamper 6240 elektron/másodpercnyi részecskeáramot jellemez, ami azt jelenti, hogy 33 femtoamper kb. 206000 elektron / másodperc áramot jelöl. Az áramerősség jelentősebb nagyságú, ha egy igen erősen aktív anyagot teszünk a kamra közelébe. Javarészt béta sugárzást tud detektálni, az alfa részecskék nem mennek át az alumínium fólián.

Fontos tudni, hogy a kapcsolás hőmérsékletfüggő, ezért egy lehetőség hűvös helyen kell üzemeltetni, hogy a jelzett alapfeszültség értéke minél kisebb legyen. Ez kb. 19mV körül lehet. Viszont magasabb hőmérsékleteken az alapjel is magasabb.

Radon bomlástermékek begyűjtése

Egy egyszerű gyűjtőberendezés építhető egy csőből, ventilátorból, és egy szövetdarabból. A csőre rágumizzuk a szövetet, másik végére pedig a ventilátort ráragasztjuk úgy, hogy a beszívott levegő ne tudjon visszaáramolni a ventilátor lapátjai között a szabadba. Azaz át kell passzírozni a levegőt a szűrőlapon. Célszerű erre a módszerre egy erősebb ventilátort is beszerezni. Mivel az ionizációs kamra (13. ábra) zárt, illetve töltésszigetelt is (Faraday-kalitka), ezért

nyugodtan használhatunk olyan motoros ventilátort is, ami szénkefés. Ugyanis hiába képződnek ionok a szikrával, nem fogják befolyásolni a csapdázott radioaktív anyag mennyiségét. Egy-két órányi járatás után valószínűleg elegendő radon bomlásterméket fogtunk el. Ezt követően a legjobb mérés érdekében óvatosan megszabadítjuk a gumitól a csapdázó eszközt, majd a szűrő szövetet óvatosan a ventilátor felé néző oldalával az alumínium fólia felé fordítjuk, ugyanis itt van a legtöbb radioaktív bomlástermék csapdázva. Méretüknél fogva nem jutnak túl mélyre a szövetben.



13. ábra: A detektor

A mérést megkezdve figyeljük a gyűjtő szövet radioaktivitása által generált feszültség szintet. Ebből következtetünk a radon mennyiségére. Szobánként új szűrő szöveteket használunk, így ügyelve a mérés pontosságára.

Összefoglalás

A középiskolák modern fizika tárgyköréhez adaptált, kidolgozott kísérletek nagy segítséget nyújthatnak abban, hogy a hétköznapi életben tapasztalt jelenségeket könnyebben megértsék. Így ez a gyerekek számára távoli tudományterület is talán nem lenne olyan veszélyes és riasztó. A bemutatott eszközök építéséhez szükséges részletes leírásokat a szerző kérésre elküldi azoknak, akik meg szeretnék építeni ezeket.

Irodalomjegyzék

- [1] Hajdu Csaba Modern fizikai kísérletek a középiskolában - http://www.physx.u-szeged.hu/modszertan/oktatas/szakdolgozatok/09Szkd_Fiz_HajduCsaba
- [2] Szabó Bálint ATOMI ERŐMIKROSZKÓPIA - <http://szft.elte.hu/oktat/www/Mscfizikalabor/meresleirasok/AFM.pdf>
- [3] <http://www.scienceinschool.org/print/336>
- [4] Damion L. Irving, AMPS Program, Polytechnic Institute of NYU: Building a Visible Light Spectrophotometer (http://gk12.poly.edu/amps-cbri/pdf/visible_light_spectrophotometer.pdf)
- [5] Statistics with popcorn http://www.mariachi.stonybrook.edu/wiki/index.php/Statistics_with_Popcorn
- [6] http://bridges.brooklyn.cuny.edu/collegenow/modules/P9_NetLogo/Labs/Lab_3.pdf
- [7] Ping-Pong Ball Chain Reaction <http://www.education.com/science-fair/article/ping-pong-ball-chain-reaction/>
- [8] <http://www.techlib.com/science/ionchamber.htm>