

Energiaparadoxon lejtő, diffúziós ködkamra és még néhány Öveges-díjas kísérlet

Sebestyén Zoltán

7632, Pécs, Lahti u.20. Tel: (72) 438-736, sezotvt@freemail.hu

Övegesi szellemben elkészített kísérleteim összeállításánál mindig az egyszerűség, az olcsóság és a könnyű elkészíthetőség, másolhatóság vezérelt. Ezen túl célom volt, hogy az összeállítás újat, közérthetőbbet, jobbat, vagy mást adjon az eddigi kísérletekhez, módszerekhez képest. Több kísérlet alapötletét a Physics On Stage konferencián láttam. Ebben a cikkben a következő kísérletek kerülnek bemutatásra: a legegyszerűbb és a legkisebb villanymotor; a több-póluspárú mágnesek; a lágyvasat taszító mágnes; az energia paradoxon lejtő; az ember, mint áramforrás; az eldobható salátatálas diffúziós ködkamra.

A legegyszerűbb és legkisebb villanymotor

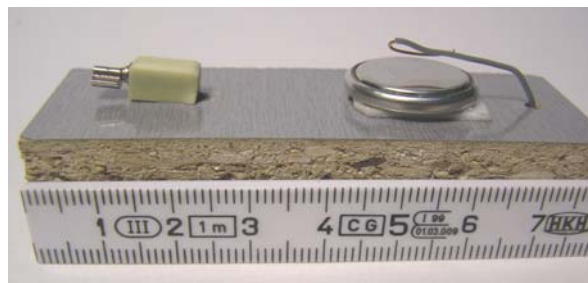
A legegyszerűbb egyenáramú villanymotor egymenetes tekercsből és állandó mágnesből (neodímium mágnes) áll.



1. ábra: Egymenetes villanymotor

A villanymotor egy változatát a Physics On Stage konferencián láttam. Az egymenetes tekercs zománcszigetelésű rézhuzalból készült. A végei egyik oldalán úgy kellett lekaparni a szigetelést, hogy ha a tekercs függőlegesen áll, akkor folyik benne áram. Ennek hatására ekkor egy erős forgatóhatás jön létre a mágneses pólusok közötti vonzás, illetve taszítás hatására. A tekercs lendületénél fogva egy teljes fordulatot képes megtenni, miközben a tengelye a zománcszigetelésen csúszik, nem folyik benne áram. Akkor folyik újból áram a tekercsben, mikor közel függőleges helyzetbe fordult. Ettől kezdve ismétlődik a folyamat. Az erős neodímium mágnes és új zseblep azért kell, hogy kellő gyorsasággal és lendülettel forduljon el a tekercs a következő áramlökésig.

A hétköznapi életben használatos legkisebb villanymotor a mobiltelefonokban van. Híváskor ez hozza rezgésbe a készüléket a tengelyére erősített excenterrel. A szemléltetés azért is fontos, hogy a diákok lássanak példát a legújabb technikákra.



2. ábra: Mikro-villanymotor

A kis villanymotor sárga burkolattal együtt 10 mm hosszú és 5 mm magas. Ez is csúcstechnika! Működtetéséhez elegendő egy 3 voltos lítium gombelem. Ha az elem feletti drótot rányomjuk az elemre, zárjuk az áramkört, a motor forogni kezd. A képen jól látható a motor tengelyvége rögzített excentrikus nehezék. Ez forgás közben rezgésbe hozza a falapra szerelt teljes berendezést. Ilyen motor hajtja a távirányítható szobai helikopter farokrotorját is.

Mágnesek

A „mágnesek” fekete doboznak tekinthetők, hiszen a mágnesség nem látható, így csak a kölcsönhatásaik alapos és korrekt vizsgálatára hagyatkozhatunk. Nem is gondolnánk, hogy milyen sok mágneses kölcsönhatáson alapuló eszköz vesz körül bennünket a lakásban, a munkahelyen, a közlekedésben, a szórakozásnál, az orvoslásnál, azaz mindenütt. Mágneses mezőben élünk, s a

Föld mágneses mezője jótékonyan véd meg a világról érkező nagyenergiájú töltött részecskéktől. A Napkitörések alkalmával látványosan tanúskodik erről a Sarkifény tűneményes jelensége.

Használjuk a mágneses mezőt mikor televíziót, monitort nézünk, mikor telefonálunk, számítógép használatakor, mikor porszívózunk, haját szárítunk, mikor automata mosógép vízzel töltődik fel, mikor rövidzárlatnál lekapcsol az automatabiztosító, mikor autónkkal önindítózunk, dudálunk, mikor az intercityn utazunk, mikor MRI vizsgálatot végeznek, stb.

Az állandó és elektromágnesek számtalan formában könnyítik meg az életünket, munkánkat. A mágneses mező tulajdonképpen az emberiség hűséges barátja, segítője. Gondoljuk csak meg, hogy hány századon át segítette a tájékozódást az iránytű, mely Kínából (ahol az ie. II. századtól használták) nápolyi hajósok révén került a XII. században Európába.

Az európai mágnesség írásos története ie. 600 körül a görög Thalész írásával kezdődött. Sokat köszönhetünk a mágneseknek, nélkülük alapvetően szegényebbek, szűkre szabottabbak lennének technikai lehetőségeink, messze nem alakulhatott volna ki a jelenlegi technikai és kulturális fejlettségünk.

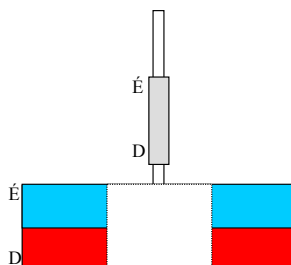
Lágyvasat taszító mágnes

A lágyvasból készült cső a gyűrű alakú mágnes tengelyébe rögzített rézdrótra húzva a mágnes fölött egy adott helyen levítél – lebeg. El lehet készíteni üvegcsővel is, melybe bele kell helyezni a lágyvasat. Működik úgy is, ha a mágnes van fölül, ugyanis lebegésnél a vonzás és taszítás egyensúlya áll be. Ha tehát megfordítjuk az összeállítást, akkor néhány mm-rel arrébb fog kialakulni az egyensúlyi állapot. Ezen túlhúzva leesik, beljebb tolva berepül a mágnesgyűrű közepébe a lágyvas.



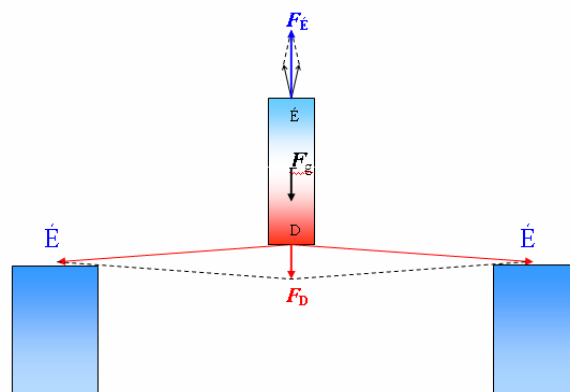
3. ábra: Lebegő lágyvasak

A mágnesgyűrű felső (É) pólusa hatására a bemágneseződő lágyvasat – most már, mint „mágnes” – a mágnesgyűrű felső (É) pólusa taszítja is, meg vonzza. Az ellentétes pólusok közötti nagy vonzóerők közel vízszintes irányúak. Ezek vektori összege kisebb erőt eredményez, mint az azonos pólusok közötti, jóval kisebb taszító erők vektori összege. Egy adott helyen az $F_{\text{grav}} + F_{\text{Dmagn}} = F_{\text{Émagn}}$ erők vektori egyensúlya áll fenn. Ha ennél közelebb kerül a lágyvas a mágneshez, akkor a vonzása dominál – behúzza a mágnesgyűrűt a lágyvasat.



4. ábra: Mágnes-lágyvas pólusai

Szép példa ez arra, hogy az erőknél nemcsak a nagyság, hanem az irány is számít, hiszen vektormennyiségek.



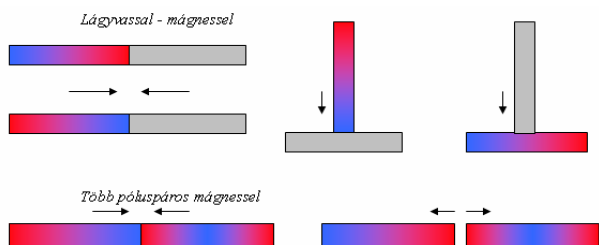
5. ábra: Lebegő lágyvasra ható erők

Didaktikai mágnes-sor

Az iskolai tankönyvek azt a hagyományos képet alakítják ki a mágnesekről, hogy rendre két pólusuk van, s ezek a rúd-mágneseknél a végük közelében vannak. A gyári rúd-mágnesek is ezt mutatják. A mai technika és alkalmazás ezt a képet rég túlhaladta. Egy rúd-mágnesnek lehet több póluspárja is. A mágnességet jobban, dinamikájában kellene

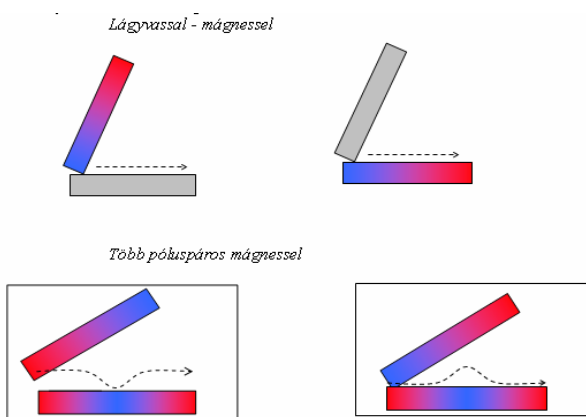
a diákoknak megismerni. Erre szolgál a dinamikus mágnes vizsgálat.

Hagyományos statikus vizsgálat



6. ábra: Statikus vizsgálat

Dinamikus vizsgálata

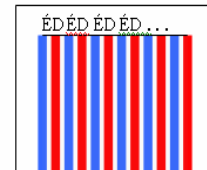
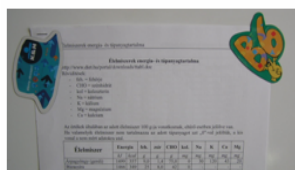


7. ábra: Dinamikus vizsgálat

Zavarba ejtő szokott lenni, hogy a több póluspárú rúd-mágnes mindkét végénél taszítja a hagyományos normál mágnesrúd egyik végét. Ekkor szokták mondani,

hogy az egész mágnes déli pólus, azaz egypólusú mágnes. (Hiába tanítottuk, hogy egypólusú mágnes nincs!) A dinamikus vizsgálat szépen megmutatja, hogy a rúd két végén azonos, közepén ellentétes pólus van, azaz két póluspár van „befagyaszta”.

A mindennapi életben sok helyen használjuk a póluspárok sorozatát, például a magnószalagoknál, a hajlékony- és merevlemezeknél, a léptetőmotoroknál stb. Ha a mágneses tapadóféliák egymáson elhúzza végig vonzzák egymást, akkor megfigyelhetjük, hogy erre merőlegesen húzva el őket egymáson, rezegve mozognak a vonzás-taszítás miatt.

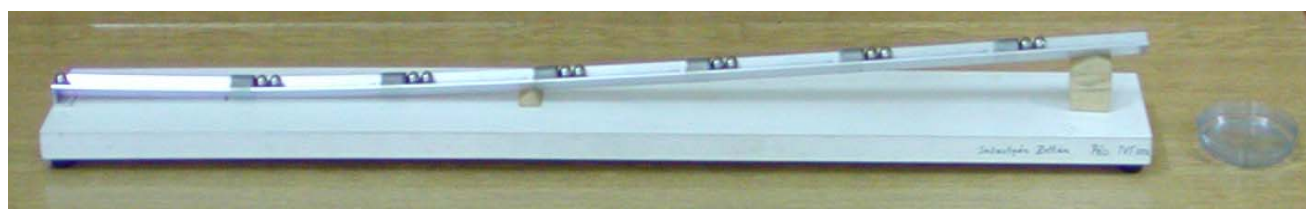


8. ábra: A mágneses tapadóféliák és mágnesezettségük

Energiaparadoxon lejtő

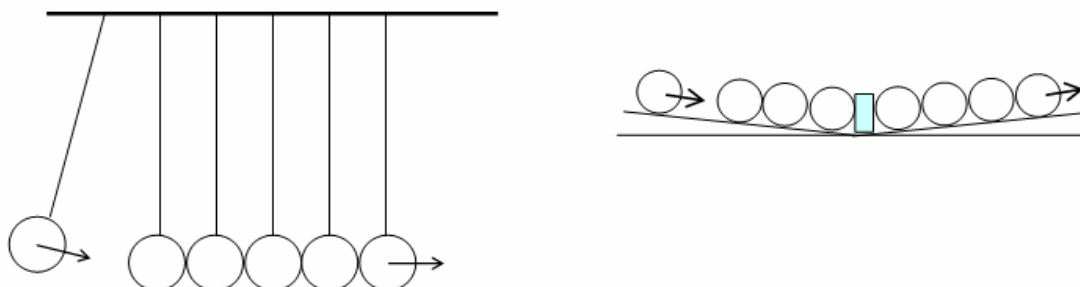
A meghökkentő kísérlet mélyebb átgondolásra készítet. Látszólag az energia- és a lendület-megmaradás törvénye sérül a kísérletnél, mivel a kis magasságról és kis sebességgel elgurított első golyó hatására a golyósor többi tagja nagy sebességgel, és jóval magasabbra kerül.

Alapos átgondolás után az energia-megmaradás törvénye nem sérül a lejtőn felguruló golyósornál, mert a mágneses energia fedezi a felfelé gurulásukhoz szükséges energiát. A mágneses energia visszatáplálása akkor történik, amikor a golyókat erővel eltávolítjuk a mágnesektől és a kiindulási helyekre tesszük.



9. ábra: Energiaparadoxon lejtő

Newton bölcsőjét értjük. Ugyanez mágnessel és golyókkal is működik:



10. ábra: Newton bölcsője szokásosan és kettős-lejtőre szimmetrikusan elhelyezett golyókkal

A golyók aszimmetrikus elrendezésénél már nagyobb sebességgel lökődik ki az utolsó golyó. Itt látszatra már probléma van a lendület és energia megmaradásával. E kísérlet csak igen erős neodímium mágnessel végezhető el. Ilyen mágnes szorítja le a CD lemezt a lejátszóban, így a neodímium mágneseket rossz lejátszókból szerezhethetünk be.



11. ábra: Aszimmetrikus elrendezés

A lejtőn (9. ábra) felgurulnak a golyók, mert mindegyik az előző becsapódásakor átadott energiával gurul fel a következőig. A lágymas távtartók miatt aszimmetrikus az elrendezés. Az alsó közeledő golyót a mágnes felgyorsítja – energiát ad át neki. A felső golyót jóval kisebb erővel vonzza a mágnes, könnyen le tud szakadni róla. Az ütközés lökéshulláma a mágnes-lágymas kettősön közel veszteség nélkül át tud haladni, s ez löki nagy erővel és sebességgel el a felső golyót.

Az ember, mint áramforrás

Rozsdamentes kés és alumínium villa, valamint elektrolitként az emberi test képez egy-egy galvánelemet. Elemenként általában 300mV – 700mV közötti feszültséget szoktunk mérni. A tanulókat sorba kötve (mindenki a balkezebe a villát, a jobba a kést tartva, a szomszédja villájába akassza a kését), az így kapott teleppel egy LED is világítani képes.



14. ábra: Kés-villa összeállítás LED-del

Salátatálas diffúziós ködkamra szárazjég hűtéssel

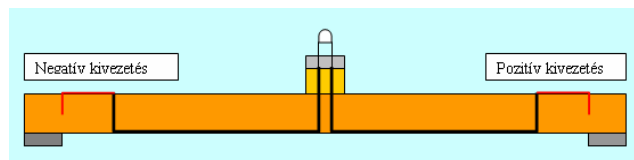
Az emberiség számára a hőerőművekben felhasználható energiaforrások végső soron nukleáris energiából származnak!

- A fosszilis tüzelőanyagok energiája a földi élővilág által elraktározott és felhalmozódott napenergia. A Nap energiája viszont **nukleáris energia**.
- A geotermikus energia a Föld belsejében lezajló radioaktív bomlásokból származik. Tehát a geotermikus energia forrása is **nukleáris energia**.
- Az atomerőművekben nukleáris „fűtőanyagot használnak”, tehát az is **nukleáris energia**.



12. ábra: A kísérlet előkészületei

Aki régóta nem mosott kezét, annak nagyobb lesz a feszültsége. Friss kézmosás után, illetve akinek szárazabb a bőre, kisebb lesz a feszültség.



13. ábra: A LED kijelző metszeti rajza

A kés – villa helyett persze igen jó eredményt kaphatunk például kétforintossal és alufóliával is, de a „fizikusétkezés” léggömb, az evőeszközök előzetes gyűjtése, a várakozás izgalma azért emelkedettebb, felfokozottabb és emlékezetesebb kísérletezést eredményez!

Hogyan lehet látni a láthatatlant? Ezen segíthet az általam elkészített salátatálas diffúziós ködkamra kísérlet. A diffúziós ködkamrával láthatóvá tehetjük a sugárzások pályáit. Minden diák a saját szemével győződhet meg arról, hogy a sugárzások léteznek, jelen vannak.

A ködkamra működése azon alapszik, hogy a részecskék ionizálják pályájuk mentén a légteret. Túltelített levegőben ezekre ködfonalszerűen kicsapódik a levegőben lévő pára. Így a részecskék a repülőgépek kondenzcsíkjához hasonló ködcsíkokat húznak maguk után.



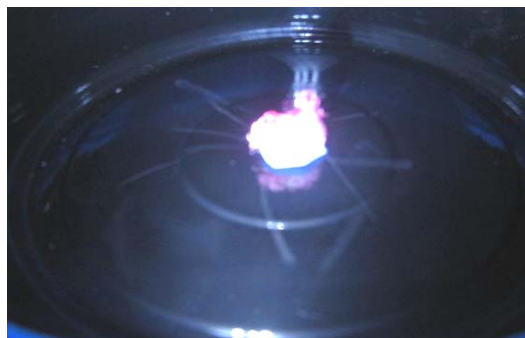
15. ábra: A gyorsítókamra eldobható, átlátszó fedelű, fekete aljú salátatála

A több millió forint értékű, gyári diffúziós ködkamrákban, az elektromosan töltött részecskék (elektronok, pozitronok, mezonok, protonok, alfa-részecskék) hagynak nyomot. A fotonok úgy hozhatnak létre nyomokat, hogy például „kiütnek” egy elektront az atomból. A neutronok közvetve hoznak létre nyomokat, ha atommaggal való ütközés során a magból kilöknek töltött részecskéket, és ezek nyomai látszanak. A paksi atomerőmű bemutatótermében láthatunk ilyen ködkamrát, csodálatosan kavargó, nyüzsgő ködfonallakkal [6]. Szerencsés esetben igen érzékeny diffúziós ködkamrában a ködfonalak a világúrból érkező kozmikus háttérsugárzás hatására is megjelenhetnek.

Az általam kifejlesztett salátatálas ködkamrában csak a nagy ionizáló képességű alfa részecskék nyoma tehető láthatóvá, viszont fillérekkel előállítható bármely iskolában egy kis munkával.

Az eszköz bonyolultabb alapváltozatát Mori Yuji tokiói fizikatanárnál láttam 1996-ban. Több változatot készítettem az évek során. A jénai táltól kezdve a befőttes üvegen és műanyag tálkákon át jutottam – véleményem szerint – a

legegyszerűbb megoldásig, a fedeles salátatálas diffúziós ködkamráig. Itt már elhagyhatók a sötét filces és fóliás alátétek is, melyek a korábbi változatoknál még kellettek. Ez igen egyszerű diffúziós ködkamra, melyben sokkal jobban és tovább láthatók az ionizáló részecskék hatása révén létrejött ködfonalak, mint az expanziós ködkamrában.

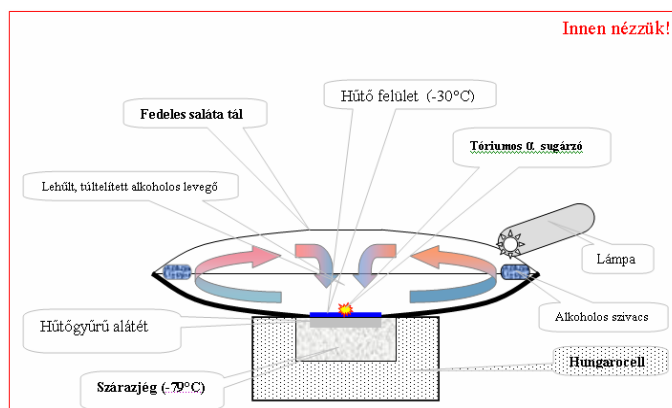


16. ábra: Ionizáló α -részecskék ködfonalai



17. ábra: A kész salátatál ködkamra denaturált szeszrel átitatott szivacsgyűrűvel, közepén tóriumos gázharisnya darabbal

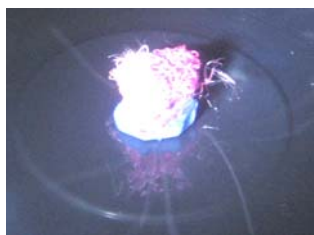
A tál aljának közepén van a gyengén sugárzó tóriumos gázharisnya darab. A tál mellett a hatásosabb hűtést biztosító fém alátétgyűrű látható, melyet a szárazjég tetejére kell majd helyezni. A ködkamra légterét meg kell tisztítani a lebegő portól és ionoktól! Ezt egy szőrmével megdörzsölt műanyagruddal, vagy műanyag vonalzóval, fésűvel megtehetjük. A hűtéshez elég egy maréknyi szárazjég, melyet a ködkamra alá egy hungarocell tálkába kell helyeznünk.



18. ábra: A ködkamra felépítését, működését a metszeti rajz mutatja

A külső meleg levegő hatására az edény felső részében lévő szivacsgyűrűről elpárolgó alkoholgőz a felső középső rész felé áramlik. Az edény alsó középső részét hűtve, fentről ebbe az irányba áramlik tovább az alkoholgőzös levegő. A páradús levegő egyre jobban lehűtve túltelítetté válik. A hűtőtérnél a túltelített levegő szétterül az alsó felületen. Ekkor az alkoholdús levegőből az erősen hűtött (-30°C körüli hőmérsékletű) edény aljára apró cseppcsekék formájában az alkohol lecsapódik. A cseppfolyós alkohol fölött kialakul egy állandósult, néhány mm vastag túltelített réteg (itt az alkohol jelen van folyékony és gőz alakban is). E közegben folyamatosan létrejön a kondenzáció az alfa részecskék nyomán. Ebben a rétegben látszanak a töltött részecskék pályái, az általuk keltett ionokra kicsapódott alkoholgőz cseppcsekék révén. Ugyanis az alfa-részecskék útjuk során sok-sok gáz- és gőzmolekulával ütköznek, ionizálják azokat, amelyekre már mint szennyeződésekre, kondenzációs magokra ki tud csapódni a túltelített gőztérből az alkohol, létrehozva a látható ködfonalszerű nyomokat.

A „ködfonalak” hossza és struktúrája információval szolgálhat az ionizáló részecskék energiájáról és típusáról is. A részecskék energiájára általában a pálya hosszából következtethetünk, mely jó közelítéssel centiméterenként 1 MeV. Normál légköri nyomáson néhányszor 10 000 iont hoz létre centiméterenként az alfasugár. Az ionizáló α -részecskék 3-6 cm hosszú cérnaszerű ködfonalat húznak a túltelített légtérben.



19. ábra: Tóriumos gázharisnya darab ködfonalakkal

A tórium α -bomló, leányelemei között is vannak még α -bomlók, ezért lehetséges más helyről kiinduló α -részecske nyom is. A kondenzációs ködfonalak a légáram és a gravitáció hatására elhajlanak és folyamatosan süllyednek. Az erős rövid fonalak nem a gázharisnya felszínéről, hanem mélyebbről (körülbelül századmilliméter mélységből) származnak, s így az α -részecskék a levegőbe már sok-sok atommal való ütközés után lelassulva, kisebb kinetikus

energiával lépnek ki. Ezek centiméterenként több ionpárt hoznak létre, melyekre több gőz tud kicsapódni, így vastagabb lesz a ködfonal. Megfigyelhető ez egyébként minden elhaló ködfonalnál is, a végei mindig kicsit vastagabbak. A sebesség csökkenésével az ionizáló képesség nő!

Láthatók időnként elmosódott, szalagszerű, halványabb kondenzációs csíkok is. Ennek oka az, hogy néhány tized másodperccel korábban a túltelített légtér fölött repült el egy részecske. A részecske által létrehozott ionok diffúziója eredményezi, hogy a térben néhány mm-re eltávolodnak az eredeti helyükről, és így már bekerülnek a túltelített légtérbe. Ekkor csapódik ki rájuk a gőz, szélesebb, halványabb ködszalagot létrehozva.

A ködfonalakat sötétített teremben lehet jól látni, ha oldalról megvilágítjuk. Ha nincs sötétítés, akkor egy közepes méretű kartondobozzal letakarva a ködkamrát – a doboz egyik sarkánál kivágott résen át – nézhetjük a jelenséget.

A világítás még jobb, ha sűrűfényt állítunk elő. Erre legalkalmasabb a mostanában már olcsón kapható hidegfényű fehér LED-zseblámpa, vagy LED sor. Ha van lehetőségünk rá, mi magunk is készíthetünk 12 V-ról működő, sűrű fényű fényforrást. A tálka alsó részébe készített négy furatba betett (korlátozó ellenállás nélküli) sorbakötött fehér LED-ekkel kitűnő megvilágítást érhetünk el.



20. ábra: Sorbakötött négy fehér fényű LED

A legnagyobb gondot a szárazjég és a tóriumos gázharisnya beszerzése okozza. Jól elvégezhető a kísérlet folyékony nitrogénnel és régi világító óraszámplával, vagy sugárzó csempével, porceláncsészével is.

Az egész eszköz elkészítése minimális anyag igényű, körülbelül egy-két órás munkával kényelmesen összeállítható.

Irodalomjegyzék

- [1] Öveges József: Legújabb kor fizikája, Budapest, Művelt Nép Kk. 1951.
- [2] Öveges József: Sugárözönben élünk, Budapest, Minerva 1968.
- [3] Jeges Károly: Egyszerű ködkamra középiskolai atomfizika kísérletekhez 1951.
- [4] Sebestyén Zoltán: Magfizikai kísérletek 14 éves tanulóknak I. Fizikai Szemle 1998/1.
- [5] Sebestyén Zoltán: Magfizikai kísérletek 14 éves tanulóknak II. Fizikai Szemle 1998/5.