

kalmaztunk: egyrészt sorba fejtettük a ϕ és a ψ szögfüggvényeit, másrészt – bár a gömb felszínén számoltunk – az OAB háromszöget síkháromszöggként kezeltük. A ϕ és ψ nagyságrendje még ~ 100 km-es távolságok esetén sem nagyobb, mint $0,02$ radián, tehát a szögfüggvények lezser kezelése megengedhető. Az OAB háromszög esetében a szögek összegét π -nek vettük, de ez még kisebb hibát jelent, mint a sorfejtés. Ugyanis egy főkörívekből álló úgynevezett gömbháromszög gömbi szögefeleslege (a szögeinek összege mínusz π) pontosan $\epsilon = F/R^2$, ahol F a gömbháromszög területe. A területet $R\Delta\phi \cdot R\psi/2$ -vel becsülve $\epsilon \psi^3$ nagyságrendűnek adódik, tehát egész nagy távolságokig emiatt sem kell aggódnunk. Könnyű belátni, hogy egy gömbi négyszög szögefeleslege (tehát a szögeinek összege mínusz 2π) ugyancsak F/R^2 , de most F a négyszög területe. Eszerint egy $x = R\psi$, $y = R\phi$ pontban a rendezők által bezárt szög $\sim \phi \cdot \psi$ radiánnal tér el a derékszögtől, tehát koordinátarendszerünk praktikusán egészen nagy távolságokig derékszögűnek tekinthető. Számolásainkban a legnagyobb elhanyagolást az utolsó lépésben követtük el, amikor a ϕ szerinti kifejtésben csak a ϕ -ben, illetve ψ -ben vezető rendű tagokat tartottuk meg, de még ez is csak ϕ nagyságú relatív hibát okoz a sebesség forgást leíró komponenseiben ($v_x - R\omega \cos\phi$ -ben, illetve a v_y -ban).

Mindent összevetve megállapíthatjuk, hogy sebességképletünk *relatív hibája* egy l lineáris mérettel jellemezhető felületdarabon legfeljebb l/R nagyságrendű. Ez persze nem azt jelenti, hogy olyan nagy kiterjedésű képződmények esetében, amelyeknél ez a pontosság nem elegendő, a megfelelő mozgáskomponens nem tekinthető forgásnak, hanem azt, hogy akkor mindenhol a helyben érvényes szélességnek megfelelő sebességek pontos értékét kell figyelembe venni.

Összefoglalásképpen elmondhatjuk: bemutattuk, hogyan lehet a Föld felszínének mozgását a szögsebesség vektorjellegének kihasználása nélkül leírni. Sajnos ez a leírás sem egyszerű, de elegendő hozzá a középiskolás ismeretanyag, ezért reméljük, tartalmaz olyan elemeket, amelyek szakkörön vagy tagozatos osztályokban elmondhatók, és segítenek megérteni, miért is lép fel, hogyan is érvényesülhet a Coriolis-hatás kelet-nyugati áramlások esetén.

Irodalom

1. Szeidemann Á.: Fizika és földrajz határán – tanítható-e a Coriolis-erő? *Fizikai Szemle* 53/10 (2013) 352–357.
2. Hraskó P.: *Relativitáselmélet*. Typotex Kiadó, Budapest, 2002. 401. old.
3. Lásd például: Jánosi I., Tél T.: Bevezetés a környezeti áramlások fizikájába http://etananyag.ttk.elte.hu/FileS/downloads/EJ-Janosi-Tel_kornyaram.pdf

SAJÁT ÉPÍTÉSŰ GEIGER–MÜLLER-SZÁMLÁLÓ

Csatári László

Szent József Gimnázium, Szakközépiskola
és Kollégium, Debrecen

A modern fizikaoktatásában számos számítógépes animációt találhatunk, ellenben a kísérletekből keveset tudunk bemutatni. Ennek egyik oka, hogy egyszerűbb filmen megnézni a jelenséget, mint a kevés óraszám mellett bajlódni a kísérleti eszközök beállításával, másik oka a berendezések ára.

Így született az ötlet, hogy megpróbálok olyan eszközt készíteni, amely jól ismert a fizikai mérések körében és akár a diákok által is elkészíthető, ára pedig nem terheli meg túlzottan a költségvetést. Természetesen a felhasznált anyagok beszerezhetősége is fontos szempont volt.

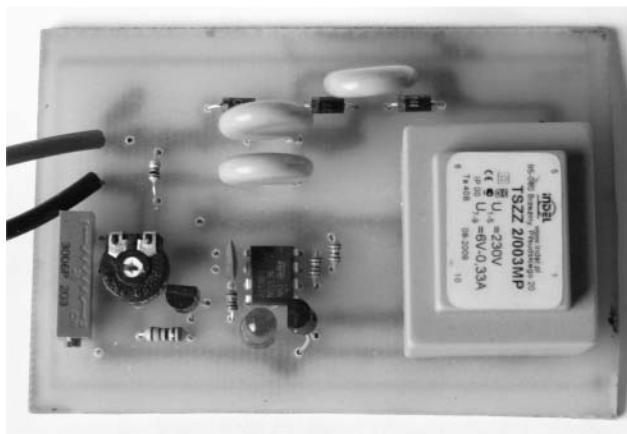
Geiger–Müller-cső

A magfizikában használatos leggyakoribb mérőeszköz a GM-csőes számláló. Műkö-

dését tekintve egy ionizáló sugárzásra érzékeny gáz-töltésű detektor. A vékony falú fémcsőből készült hengeres, vagy végablakos detektorban (1. ábra) a rákapcsolt 450 V körüli feszültség hatására elektromos tér alakul ki, amelyben a radioaktív sugárzás

1. ábra. Különböző GM-csővek.





2. ábra. Szabályozott nagyfeszültségű tápegység transzformátorral.

keltette elektronok és ionok a detektor elektródáihoz vándorolnak, ezzel áramot keltenek. A csőben lévő gáztöltet akadályozza meg, hogy az így kialakult kisülés folyamatosan fennmaradjon. A kisülés időtartama körülbelül 10^{-5} másodperc hosszú, ami közben a cső nem képes újabb részecske detektálására (holtidő).

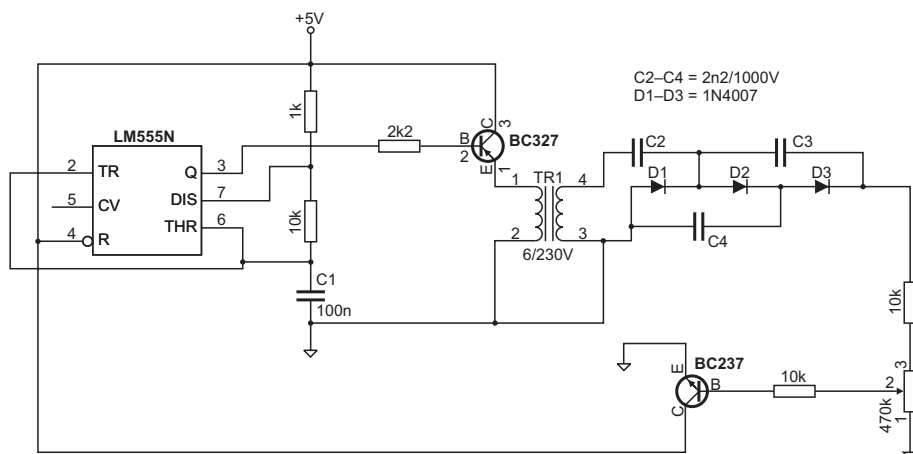
A csőben kialakuló áramimpulzusokat megszámlálva az adott radioaktív forrás erősségével arányos beütésszámot kapunk. A gyakorlatban néhány másodperces időtartamtól akár a félórás mérési időig is számolnunk kell.

A berendezésünk működőképességét radioaktív forrás nélkül is ellenőrizhetjük, hiszen a földből, a világúrból folyamatosan ér minket sugárzás: a háttérsugárzás. Ezek egy része természetes eredetű.

A nagy energiájú kozmikus sugarak egy része magreakciót vált ki a légtör atommagjaival ütközve, így hatásukra kisebb-nagyobb mennyiségben számtalan radioaktív anyag keletkezik.

A földkéregből, az élőlényekből és környezetünk tárgyaiból származó sugárzásért döntő mértékben három izotóp felelős: az ^{238}U , a ^{232}Th és a ^{40}K . Mindhárom anyag rendkívül hosszú felezési idejű, és a Föld keletkezésekor épültek be a környezetbe. Eloszlásuknak, kémiai tulajdonságaiknak és élettani szerepüknek megfelelően különbözőképpen járulnak hozzá a háttérsugárzáshoz.

3. ábra. A transzformátoros szabályozott tápegység kapcsolási rajza.



A kapcsolóüzemű tápegység meghajtója itt is az NE555-ös integrált áramkör bistabil üzemmódban. A szabályozás itt is visszacsatolás révén valósul meg. A leosztott feszültséggel egy tranzisztort kapcsolva szabályoztam az NE555-ös működését (lásd később a 6. ábra nem beke-retezett részét).

A detektor

A GM-cső az egyetlen alkatrész, amelynek beszerzése némi nehézségbe ütközik, és

Mesterséges eredetű háttérsugárzást is tapasztalunk. Az 1960-as évekig légtör atomrobbantásokat végzett több ország. Ezek során a bomlástermékek nagy területen szóródtak szét, gyakorlatilag a Föld teljes területét betérítették. Mára – szerencsére – már csak a hosszú felezési idejű izotópok maradtak: a ^{90}Sr , a ^{137}Cs , a ^{241}Am és a plutónium különböző izotópjai. Az atomerőmű és újrafeldolgozó üzemi balesetknél (Windscale, Csernobil) korlátozott kiterjedéssel ugyanezek az izotópok szóródtak szét. Repülőgépes, tengeralattjáró-balesetekben néhány kisebb terület szennyeződött dúsított uránnal, illetve plutóniummal. Szintén a mesterséges eredetű háttérsugárzáshoz járul hozzá az orvosi, gyógyászati eredetű izotópok használata.

A háttérsugárzás eszközünkben percenként 15-20 jelet kelt.

Egy klasszikus műszer – házilag

Mérőeszközöm a következő részekből áll:

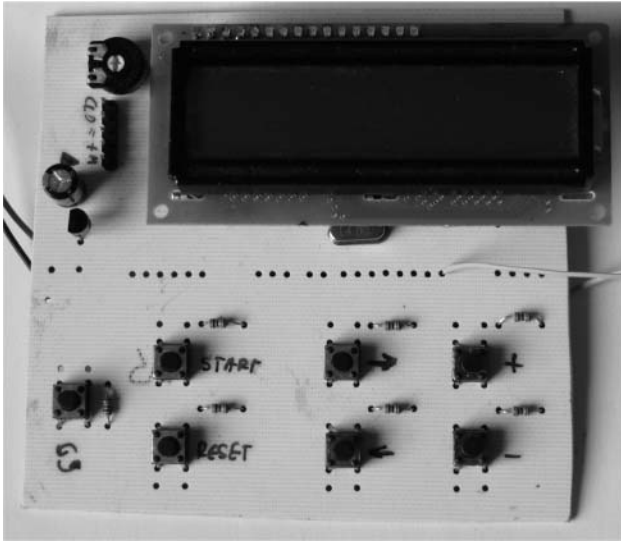
- tápegység,
- detektor és jelformáló elektronika,
- feldolgozó elektronika.

Az áramkörök tervezésénél 5 V-os tápfeszültséget vettem alapul. Így a készülék üzemeltethető 4 ceruzaakkumulátorról ($4 \times 1,2$ V) vagy akár a számítógép USB portjáról.

Tápegységek

Az egyszerűbb alkatrészeket igénylő változat nyomtatott áramkörtől tartalmaz (2. ábra). Ezt egy NE555-ös (LM555N) [1] integrált áramkörrel hajtottam meg bistabil multivibrátor üzemben négyszögjellel. A transzformátor szekunder tekercsén kaszkád feszültségtöbbszöröző kapcsolással állítottam elő a nagyfeszültséget. A kívánt szabályozást a leosztott nagyfeszültséggel vezérelt tranzisztor végzi (3. ábra).

A tápegység másik változatában kisebb helyigény miatt egy üzemképtelen energiatakarékos fényforrásból kitermelt fojtótekercset (induktivitást) használtam.



4. ábra. Mikrokontrolleres jelfeldolgozó egység.

e miatt sokan le is mondanak a mérőeszköz megvalósításáról. Több típust kipróbálva az SBM-20 (СВМ20) mellett döntöttem. Hazai kereskedelemben 10 000 Ft körüli áron szerezhető be, az internetről postaköltséggel együtt ennek feléért, harmadáért.

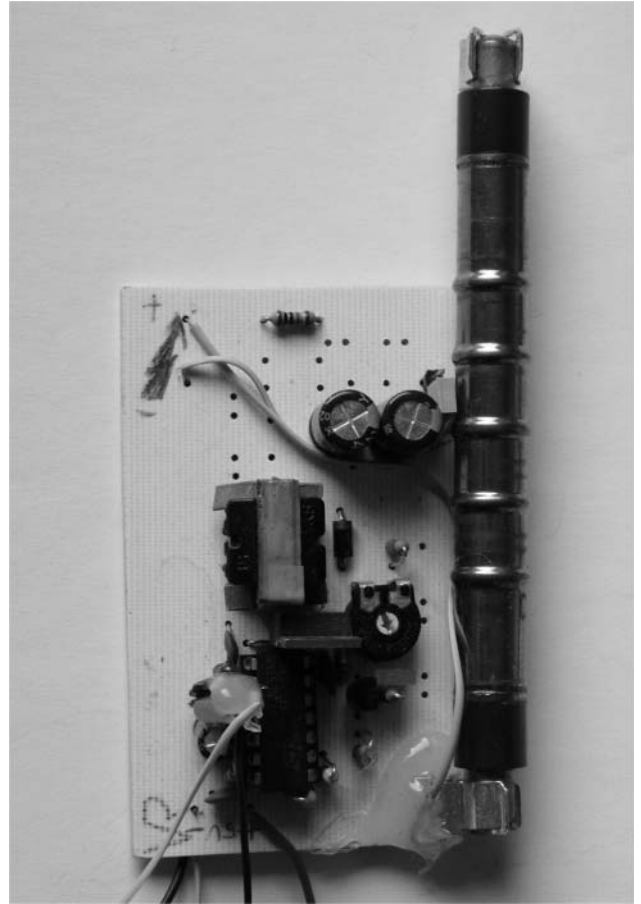
A cső 350–450 V tartományban dolgozik, 100 mm hosszú, 10 mm átmérőjű. Érzékenysége az oktatási felhasználásnak megfelelő. A cső csatlakozó felülete pontosan beleillik egy 6,3 mm átmérőjű forrasztható biztosítékfoglatatba.

A jelformáló elektronika

A nagyfeszültség egy 10 M Ω -os ellenálláson keresztül érkezik a GM-csőre. Az impulzusok a 100 pF kapacitású kondenzátoron jutnak az alakformáló elektronikába. Erre a célra NE555-ös integrált áramkört használok monostabil multivibrátor kapcsolásban. Ez az áramkörben minden impulzusra 11 ms időtartamú kimenő jelet szolgáltat, amely további feldolgozásra (számlálásra) alkalmas.

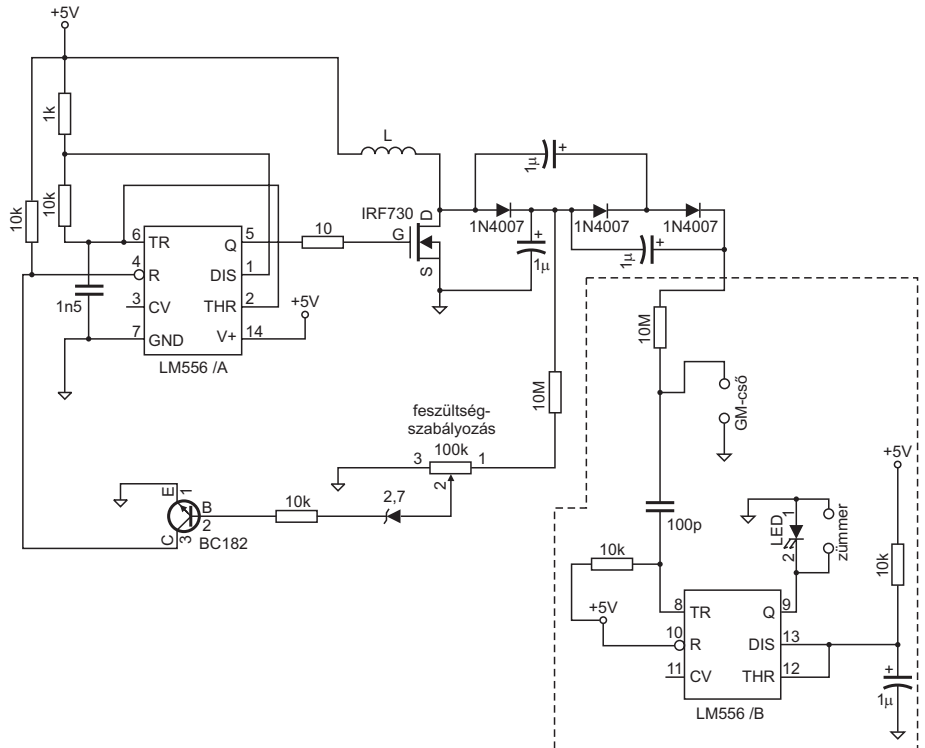
Jelfeldolgozó elektronika (számlálók)

A feldolgozó elektronika egy áramkörre, a PIC 16F887-es mikrokontrollerre (4. ábra) épül [3]. A kontrolleren futó program végzi a számlálást, a mérési idő beállítását és kezeli az LCD-kijelzőt. Nyomógombok segítségével állítható a mérési idő – másodperc pon-



5. ábra. Komplet GM-csőes elektronika a nagyfeszültségű tápegységgel és a jelformáló egységgel.

6. ábra. A teljes elektronika – az induktivitást tartalmazó, szabályozott nagyfeszültségű tápegység és a vele egybeépített (szaggatott vonallal bekeretezett) jelformáló egység – kapcsolási rajza.



tossággal – menüből vezérelve 1 másodperctől 99 per-
cig, választható továbbá egyszeri vagy ciklikus mérés.
Ciklikus mérésnél az előző mérés eredménye, és a fo-
lyamatosan pörgő aktuális mérés látható a kijelzőn.

Az egyik megvalósított kapcsolásban a tápegység
és a detektor közös panelon kapott helyet (5. *ábra*).
A két NE555-ös integrált áramkört egy NE556-os (gya-
korlatilag 2 darab NE555-öst tartalmazó) áramkör he-
lyettesíti (6. *ábra*) [2]. A detektálást felvillanó LED
jelzi és a jellegzetes „pittyegő” hangot adó piezohang-
szóró sem maradhatott el.

Magfizikai mérések

Mi legyen a forrás?

A GM-cső alkalmas radioaktív anyagok jelenlétének ki-
mutására, de honnan szerezzünk radioaktív anyagot?

– Szerencsére a háttérsugárzás mindig rendelkezés-
re áll.

– Régebben árultak kempinglámpákra való gázha-
risnyát, amely tóriumtartalma miatt szintén radioaktív
(internetről szintén beszerezhető).

– Egyes sárga festékek – urántartalmuk miatt – ra-
dioaktívak. Vázák, tálak festésére használták. A régi
világító mutatójú órák mutatóiban szintén urántartal-
mú festék található. Ócskapiacra mindkettő besze-
rezhető.

– Egyes kőzetek szintén radioaktívak.

A GM-cső karakterisztikájának mérése

A beütésszám a csőre kapcsolt feszültség függvénye.
Feszültségmentes állapotban a cső nem szolgáltat jel-
let. Emelve a feszültséget a cső „megszólal”, egy rövid
intervallumban a beütésszám rohamosan nő a feszült-
séggel, majd stagnál egy, a csővekre jellemző feszült-
ségtartományban (plató), végül a beütésszám ismét
nő. A jól beállított GM-cső feszültsége a plató közepé-
re esik. Ekkor a feszültség több tíz voltos eltérése ese-
tén is azonos beütésszámot kapunk.

Tápegységünkhöz digitális multiméter kapcsolva
olvashatjuk le a feszültséget, és ábrázolhatjuk a be-
ütésszámot a feszültség függvényében.

Háttérsugárzás mérése

Az eszközt több perces ciklikus mérésre állítva mér-
hetjük a háttérsugárzást.

A levegőből egy közönséges porszívó segítségével
gyűjthetjük össze a radon bomlásából származó leány-
elemeket. A porszívó csövére szalvétát erősítve 5-10
perces szívás után már mérhető mennyiségű (a háttér-
sugárzást meghaladó) sugárzó anyagot gyűjthetünk.

Irodalom

1. http://www.hestore.hu/files/lm_lm555.pdf
2. <http://www.hestore.hu/files/NE556.pdf>
3. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41291F.pdf>

X. WIGNER JENŐ ORSZÁGOS FIZIKAI FELADATMEGOLDÓ VERSENY

Sándor-Kerestély Ferenc
Békéscsabai Evangélikus Gimnázium

Az Evangélikus Középiskolák Országos Wigner Jenő
Fizika Feladatmegoldó Versenyének idei X. alkalmá –
az előzőekhez hasonlóan – messze túlmutat a szó-
szoros értelmében vett versenyzetetésen. Itt Békés-
csabán mindig olyan hangulatot sikerült kialakítani,
aminek köszönhetően mind a kollégák, mind a gyere-
kek az elért eredmények mellett mindenk fölé he-
lyezték a sok megtapasztalt élményt, amire a kísérle-
tek, előadások, beszélgetések során tettek szert.

Nem a sok küszködésre, a sok izgalommal-szenve-
déllyel átítatott levelezésre, sem a szervezés problé-
máira kell emlékezni, hanem inkább arra a feledhetet-
len jó hangulatra, törődésre, ami betöltötte a három
napot.

A feladatmegoldó és műhelyfoglalkozásokkal ki-
egészített verseny február 21-én délután 3 órakor kez-
dődt. A résztvevő iskolák nem csak az evangélikus
középiskolák diákjai voltak, hanem a hagyományosan
benevező református, illetve a határon túlról Kárpátal-
ja, Erdély és a Felvidék középiskolái is.

A 41 versenyző és kísérő tanárai az utazás fáradt-
ságát elfeledve vetették bele magukat a vetélkedőbe.
A mérési feladatok az emelt szintű érettségi mintájára
készültek. A három műhely egy-egy emelt szintű mé-
rés lehetőségét kínálta, amelyeket *Molnár Miklós*, *Be-
recz János* és *Nagy Tibor* vezettek.

Vacsora után *Härtlein Károly*, a Budapesti Műszaki
és Gazdaságtudományi Egyetem tanára a tornaterem-
ben mutatta be feledhetetlen kísérleteit. A „nagy má-
gus” mindenkit elbűvölt érdekes és izgalmas kísérle-
teivel, majd – másnap sűrű programjai miatt – éjnek
idején hazaindult. Köszönjük Karcsi barátunk áldozat-
hozatalát, az „ügy” melletti kitartását.

Másnap 8 órakor a vetélkedő a feladatok megoldá-
sával folytatódott. Három óra kemény munkát köve-
tően a tanárkollégák helytállásának köszönhetően a
dolgozatok javítása időre elkészült.

A kollégák és a gyerekek egybehangzó véleménye
szerint a feladatok jók voltak – ez Molnár Miklós bará-
tunk és csapatának munkáját dicséri.