

7. ábra. Coriolis-platform kísérlet-előkészítés közben [www.coriolis-legi.com/coriolis-turntable.htm].

szerűen születnek, az áramlások állandóan változtatják meanderező alakjukat. Ezért nehéz az időjárást is és az éghajlatra oly nagy hatással levő tengeráramlások jellegét is pontosan előre jelezni.

Záró gondolatok

Mint utóbbi példáink mutatják, a hagyományosan a földrajz témakörébe sorolt áramlási jelenségeknek tisztán fizikai okai vannak. A Coriolis-erő által szabályozott földi áramlások energiája ráadásul felülmúlja több millió atomrobbantás energiáját is. Mindez számos megoldatlan tudományos problémát rejt magában, melyek vizsgálata egyre környezettudatosabb világunkban a modern fizikai kutatás része. Ez nem az egyetlen példa arra, hogy *klaszikus fizika is lehet modern fizika*.

Az elméleti kutatások mellett széleskörű kísérleti vizsgálatok is folynak, melyekbe hazánkban az ELTE Kármán Laboratóriuma kapcsolódott be [6]. Nagyon kevesen tudják, hogy létezik egy a témánkkal kapcsolatos európai nagyberendezés, a Grenoble-ban található *Coriolis-platform*. Ez egy 14 m átmérőjű henger, mely körülbelül 1,5 m magasan tölthető fel folyadékkal, s maximális fordulatszáma 3/perc (7. ábra). A platformon valóság-hű domborzati modellek is kialakíthatók. Modern műszerei révén a berendezés alkalmas az árapályerőművek modellezésétől kezdve a ciklonképződésen és a légköri turbulencián keresztül a Jupiter légkörében megjelenő áramlási mintázatokig számos környezeti jelenség pontos kísérleti vizsgálatára.

Végül egy kérdés. Ha a gimnáziumok kilencedik osztálya számára írt földrajzkönyv [2] vállalkozhat a Coriolis-erő, sőt azzal kapcsolatban olyan bonyolult jelenség elmagyarázására is, mint a ciklonok kisodródása (5.a ábra), bölcseknél tesszük-e, hogy a Coriolis-erőt a középiskolai fizikaoktatásban sehol sem említjük?



A szerző köszönetét fejezi ki Gyüre Baláznak, Jánosi Imrének és Szabó Gábornak a forgó rendszerek dinamikájával kapcsolatos értékes eszmecseréért.

Irodalom

1. BUDÓ ÁGOSTON: *Mechanika* – Tankönyvkiadó, Budapest, 1979.
2. NEMERKÉNYI ANTAL, SÁRFALVI BÉLA: *Általános természetföldrajz a gimnáziumok 9. évfolyama számára* – Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2002.
3. HORVÁTH PÉTER: *Merre esik az alma a fájától?* – Középiskolai Matematikai és Fizikai Lapok 55 (2005) 297
4. HORVÁTH GÁBOR: *A mechanika biológiai alkalmazásai* – ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 2001.
5. A.E. GILL: *Atmosphere–Ocean Dynamics* – Academic Press, New York, 1982.
6. JÁNOSI IMRE, TÉL TAMÁS, SZABÓ GÁBOR, HORVÁTH VIKTOR: *A környezeti áramlások fizikája* – Fizikai Szemle, 51 (2001) 6–8

ETTORE MAJORANA (1906–1938)

Toró Tibor
Temesvár

A 2006-os évben a neutrínófizikának három fontos évfordulója van:

1. Fél évszázada, hogy (a Reines–Cowan-kísérletben) sikerült az (anti)-neutrínó közvetlen kimutatása;

2. 75 éves a neutrínó létezésére vonatkozó hipotézis;

3. 100 évvel ezelőtt született *Ettore Majorana* olasz fizikus, az egyik érdekes neutrínóelmélet megalkotója.

A neves Fermi-tanítvány, Ettore Majorana, 1906. augusztus 5-én született a szicíliai Cataniában. 1928-ban végezte a római Tudományegyetem fizikai fakultását, ahol egy évre rá *Fermi* irányítása alatt elméleti fizikából doktorált.

A neutron felfedezése után, 1932-ben, *D. Ivanyenkó*-tól és *W. Heisenberg*-től függetlenül rájött arra, hogy az



atommag csak protonokból és neutronokból áll. Ezt az elméletet kollégái többszörös biztatására sem közölte. Majorana magerőről szóló dolgozata később, 1933-ban, Heisenberg biztatására jelent meg (*Zeitschrift für Physik*, 82, 133, 1933), amikor egy pár hónapig Lipcsében, a Heisenberg vezette Elméleti Fizikai Intézetben dolgozott. (Amely, Majorana megjegyzése szerint, „üde környezetben, a temető és a bolondokháza között” helyezkedett el.)

1938. március 28-án Majorana – abban az időben a nápolyi Tudományegyetem professzora – teljesen ma sem ismert körülmények között, eltűnt. (*Leonardo Sciascia* szicíliai író Majorana titokzatos eltűnéséről szóló érdekes könyvében – L. Sciascia: *La scomparsa di Majorana*)

rana, Torino, 1977, *Majorana eltűnése*, Magvető Kiadó, Budapest, 1978, azt a történeti szempontból paradox hipotézist fogalmazza meg, hogy az korai tiltakozásként fogható fel az atomfegyverek ellen, még az atomhasadás felfedezése előtt. Lehet, hogy igaza van?)

De ki is volt tulajdonképpen Ettore Majorana? Erre a legrövidebb és legrapportszerűbb választ maga Enrico Fermi adta, amely a szicíliai Ericében lévő és ma Majorana nevét viselő nemzetközi tudományos központ (Centro di Cultura Scientifica Ettore Majorana) *Progress in Scientific Culture* című folyóiratának minden számában olvasható az eltűnt tudós fényképe alatt:

„...különféle rendű és rangú tudósok szaladgálnak a világban. Másod- és harmadrangú valakik, akik minden tőlük telhetőt megtesznek, mégsem mennek sokra. Elsőrangúak, akik nagy horderejű, alapvető felfedezésekre

jutnak, amelyekkel előbbre viszik a tudományt. *S aztán a zsenik, mint Galilei és Newton. Nos hát Ettore Majorana ez utóbbiak közé tartozott.*” (T.T. kiemelése.)

Majorana legfontosabb tudományos alkotása a neutrínó-elmélet, melyet 1937-ben publikált (*Teoria simmetrica dell'elettrone e del positrone* – Il Nuovo Cimento 5 1937, 171–184). Elmélete szerint a neutrínónak nincs antirészecskéje, mint a Dirac-elméletben, hanem a neutrínó azonos az antineutrínóval, hasonlóan a foton esetéhez. Az ilyen típusú neutrínót nevezik ma Majorana-neutrínónak.

Az utóbbi években több kísérletsorozatot is végeztek a Majorana-típusú neutrínók kimutatására, a kettős bétabomlások felhasználásával. Sajnos, egyelőre konkluzív eredmény nélkül, de a mérések tovább folynak.

A Majorana-centenárium rendezvényei Rómában és Ericében már megkezdődtek.

A FIZIKA TANÍTÁSA

A DOPPLER-KÉPLETEK EGYSZERŰ LEVEZETÉSE

Légrádi Imre

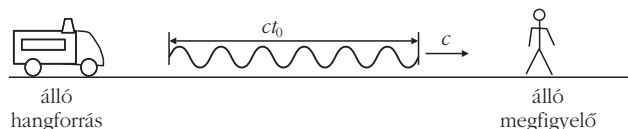
Széchenyi I. Gimnázium, Sopron

Gimnáziumban a hangtan tárgyalása során kerül sor a Doppler-elv ismertetésére. Az alábbiakban azt szeretném bemutatni, hogyan beszélhetjük meg az elv legegyszerűbb eseteit egy egyenes mentén haladó objektumokra vonatkozólag.

Célszerű kialakítani egy egyszerű képet, amely a hangforrásból a tér minden irányában elinduló gömbszerű hanghullámnak csak egy bizonyos irányban, mégpedig az észlelő irányában, haladó sugarát veszi figyelembe. Továbbá célszerű úgy gondolkodni, hogy a hangforrás csak egy meghatározott ideig bocsát ki hanghullámot. Ezek alapján elképzelünk egy „hangkígyót”, amely kibújik a hangforrásból, az eleje elindul az észlelő felé, s hosszúságát az szabja meg, hogy a hangforrás működési ideje alatt milyen hosszú „kígyó” tudott kibújni. Ez a hangkígyó azután önállósítja magát, azaz hangforrástól és észlelőtől függetlenül c sebességgel halad a levegőben, ahol c a hang levegőbeli terjedési sebessége.

Ezzel a hangkígyóval való gondolkodásunknak a következő fő lépései lesznek:

- 1) Milyen hosszú hangkígyó keletkezik?
- 2) Mennyi idő alatt halad el a hangkígyó és az észlelő egymás mellett?
- 3) Az észlelő által hallott hang rezgésszámának meghatározása a hangkígyó hossza és a 2) lépésben meghatározott időtartam segítségével.



Amikor a hangkígyó odaér az észlelőhöz és elhalad mellette, akkor az észlelő annyi ideig hall hangot, amennyi idő a hangkígyónak ahhoz kell, hogy elhaladjon az észlelő mellett. Ez az időtartam t_0 ideig sugárzó, álló hangforrás és álló megfigyelő esetében, természetesen,

$$t = \frac{c t_0}{c} = t_0,$$

mert a $c t_0$ hosszúságú hangkígyó az álló levegőben szintén álló észlelőhöz képest c sebességgel halad. Ilyenkor nem is beszélünk Doppler-effektusról.

Tanulóink leghamarabb az autóverseny kapcsán ismerik el, hogy nekik is volt már részük a Doppler-effektus élményében. Ha van hanggenerátorunk, fel tudjuk idézni a versenyautó hangját, s ha gyorsan tudunk frekvenciát váltani, akkor a frekvenciaugrást is élethűen utánozhatjuk. De mindannyian be tudjuk mutatni a gumicső végére erősített, és körülbelül 1,5 m sugarú körön forgatott síp hangján észlelhető változásokat.

Hangsúlyozzuk, hogy a következőkben vizsgált esetekben a hangforrás sebessége kisebb a hang levegőbeli terjedési sebességénél. Ezt még versenyautónál is nyugodtan feltehetjük.

Az autóversennyel vagy szirénázó mentőautóval kapcsolatos eset, azaz álló észlelőhöz közeledő, majd tőle távolodó hangforrás vizsgálata.

Adjon az álló észlelőhöz közeledő hangforrás t_0 ideig hangot. Legyen a hangforrás saját rezgésszáma f_0 . Ez az a hangmagasság, amelyet csak a mentős, illetve az autóver-