

**„Átmeneti jelenségek a fizikában” és
„Természetes és zenei hangok elemzése”
témakörökből kiírt kísérleti pályázataink eredménye**

Pályázataink első fordulójára 13 terv érkezett, kész pályázatot 10 szerző, ill. szerzőcsoport adott be. Mindegyik pályázat alapos, gondos munka eredménye. Legszívesebben valamennyit díjaztuk volna, de ez sajnos nem volt lehetséges. Így a legjobbak részben pénzjutalmat, részben külföldi szerepléssel egybekötött utazást, a többiek dicséretet nyertek. *Pénzjutalom céljára az Eötvös Loránd Fizikai Társulat 3000 Ft-ot adományozott.* Mindenki kap oklevelet, és többeknek küldtünk egy-egy sorozatot Lapunk régebbi évfolyamaiból. Az alábbiakban közöljük általános észrevételeinket, valamint az egyes pályaművek rövid bírálatát. Célunk elsősorban az, hogy ezekből a megjegyzésekből újabb pályázataink résztvevői tanuljanak. A következőkben először a dolgozatokkal kapcsolatban felmerült néhány konkrét problémát tárgyaljuk meg, majd az egyes dolgozatokat külön-külön értékeljük.

A pályázat kiírásakor felhívtuk a figyelmet a saját készítésű, ill. kimmersz célokat szolgáló eszközök hitelesítésére. Ezt pályázóink meg is szívtették. Szellemes megoldással találkoztunk pl. a tranziensek detektálására használt fotocella időállandójának becslésére. Általában jól sikerültek mindkét pályázat méréseiben a felhasznált detektorok, erősítők, tárolók linearitásvizsgálatai.

Több probléma volt a váltakozó áramú átvitelt biztosító eszközök frekvencia-karakterisztikáinak felvételével és értékelésével. Nem ismerték a pályázók azt a konvenciót, amivel egyszerűen jellemezhetőek az ilyen karakterisztikák. Nem elég olyan kvalitatív jellemzést adni, mint pl. a következő: 2 kHz-en már nagyon nagy a magnóm csillapítása. A karakterisztikák jellemzésére bevált módszereink vannak, pl. megmondjuk azokat a frekvenciaértékeket, ahol az átviteli jellemző már egy adott értéknél jobban eltér a közepes frekvenciáktól. Az eltérés mértékét általában logaritmikus egységekben adják meg, és annál kisebbnek írják elő, minél pontosabb mérésre használjuk az eszközt. Pl. ha műszerünket olyan frekvenciatartományban használjuk, amelyen belül maximum 0,5 dB-t változik az átviteli jellemző, akkor itt 6 % hibára számíthatunk.

A Tranziens jelenségek mérésével kapcsolatban felmerült egy érdekes probléma. Felfogható-e a tranziens folyamat úgy, mint egyensúlyi állapotok sorozata? Tehát jogos-e a következő eljárás: Vizsgálni akarom egy átmeneti folyamat hatását a vele kapcsolatban levő jelenségekre, ezt úgy valósítom meg, hogy az átmeneti folyamat egyes mozzanatait stabilizálom és ilyen stabil állapotokra végzem el a vizsgált jellemző mérését? Az egyik pályázónál felmerült példán bemutatva: Ha bekapcsolunk egy elektroncsövet, és az izzószál lassan melegedni kezd, akkor állandó vezérlőjel mellett a kimenőjel változik. Regisztrálni akarom ezt a változást, de nincsenek megfelelő eszközeim a folyamatos felvételhez. Ezért úgy járok el, hogy a fűtőfeszültség megfelelően csökkentett értékeinek sorozatára kapcsolom a csövet, megvárom az egyensúlyi állapot beálltát és minden egyensúlyi állapotban megmértem a kimenőjelet. Egyenlő lesz-e az így kapott jelsorozat a tranziens közvetlen vizsgálatával kapott jelsorozattal?

Általában nem kapunk azonos eredményt, amit egy egyszerű példával szemléltethetünk. Milyen erőket ébrednek járás közben az ember lábában? Ha a vizsgálatot úgy végeznénk, hogy megmondanánk az emberünknek: a járás egyes fázisaiban merevedjen meg és mondja meg, milyen erőket érez, biztosan egészen más eredményt kapnánk, mintha ezeket az erőket a járás közben folyamatosan regisztrálnánk. Gondoljunk csak arra, hogy mennyivel nagyobb erő kell ahhoz, hogy kissé előredőlve fél lábon megálljunk, mint amekkora ugyanilyen helyzetben járás közben valóban fellép. Ezért kellett pl. a ló patáját az alaphoz rögzíteni Leonardo da Vinci kis ágaskodó lovasszobrán, annak ellenére, hogy a modellül szolgáló ló lába bizonyára nem „gyökerezett a földbe”.

Ezzel szemben áll a már idézett elektroncső példa. Ha a csőben kialakuló elektronmező sokkal gyorsabban követi a mindenkori izzószál-hőmérsékletet, mint amilyen gyors a hőmérsékletváltozás, akkor az elektronok szempontjából a ténylegesen lejátszódó melegedési folyamat éppen olyan lassú, mint a mozzanatonként befagyasztott, mert mindkettő egyensúlyi állapotok sorozatának tekinthető. Tehát e példában az alkalmazott eljárás helyes eredményt ad, és így közvetett úton megmérhetjük az izzószál hőmérsékletgörbét.

Egy másik díjazott dolgozat szintén egy ötletes és a kísérleti fizikában gyakran használt eljárást alkalmazott. A mérés során nem közvetlenül az ismeretlen jelet vizsgálta, hanem a mérendő mennyiség és egy pontosan ismert érték különbségét regisztrálta. Így – kellő pontosságú etalon birtokában – a mérés szelektív hibája (tehát a mért értékektől való lehetséges eltérés abszolút értékének és a mért mennyiségnek hányadosa) nagyságrendekkel csökkenthető.

Az izzólámpa tranziensét egy precíziós RC kör tranziensévei összevetve a szerző az időállandót közvetlenül (R és C ismeretében) megkapja, az exponenciálistól való eltérés pedig az oszcilloszkópon viszonylag nagy pontossággal megjelenik.

Az egyes dolgozatok értékelése:

Krasznahorkay Attila (Püspökladány, Karacs Ferenc Gimn.)

Az elektromos izzólámpák fényáramának átmeneti folyamatát vizsgálta. Kísérletező módszerének kialakítása kitűnő érzékre vall. Az előtanulmányokat és a kész eljárást dicséretes tömörséggel írja le, az eredmények értékelésének leírásakor talán kissé szükséztű is. Kompenzációs módszerrel dolgozik, a kompenzált függvényt oszcilloszkópon jeleníti meg. A teljes átmeneti folyamatot részekre bontja és ezeket külön-külön kompenzálja. Kimutatja a folyamat exponenciálistól eltérő jellegét, sőt ügyes módszerrel számadattal is jellemzi. Az eltérés elméleti indoklása viszont nem helyes.

I. díjat (800 Ft) kap.

Szántó László, Rottenhoffer Lajos és Németh István (Eger, Gárdonyi Géza Gimn.)

Astabil multivibrátorokban üzemeltetett elektroncsövek izzószálának felfűtését vizsgálták. A bemelegedéssel kapcsolatos effektusok (anódáramváltozás, rezgési frekvenciaváltozás) mérése alapján következtettek a folyamat jellegére. Az elveket és a célokat világosan fogalmazzák meg, ügyes kísérleti készüléket terveztek. A tranziensek „befagyasztására” alkalmazott módszerüket nem indokolják kellőképpen, de esetükben ez az eljárás szerencsésen helyes eredményre vezet.

II. díjat (500 Ft) kapnak.

Marosvölgyi Kálmán és Vörös Zoltán (Veszprém, Lovassy László Gimn.)

Elektromos izzólámpák bekapcsolásakor fellépő tranziens jelenségeket vizsgáltak. Megállapították, hogy a fényerősség változása jól kimutathatóan eltér az exponenciálístól. E jelenségnek helyes magyarázatát is megadják. A méréseket oszcilloszkópon végezték úgy, hogy a fényjelet egy fotocellával elektromos jellé alakították. A fotocella kellő működési sebességéről ötletes kísérlettel győződtek meg.

II. díjat (500 Ft) kapnak.

Borlay Tamás és Richter Róbert (Veszprém, Lovassy László Gimn.)

Alapos irodalmi bűvárkodáson alapuló bevezetőben ismertetik a termisztorok statikus és dinamikus tulajdonságait. Mérési céljuk ez utóbbiak vizsgálata. Mérőberendezésük megépítése és leírása igen precíz, de a technikai részletek elfedik a fizikai lényegét. A termisztorok hőmérsékletének mérésére alkalmazott módszerük (higanyos hőmérő!) nem megfelelő. A kivitelezés tévedései azt mutatják, hogy a szerzők nem mindenben értették meg az áttanulmányozott irodalmat. Jó felszerelésük lehetőségét nem tudták kihasználni.

Dicséző oklevelet kapnak.

Réti Erzsébet és Gungl Erika (Nagykanizsa, Landler Jenő Gimn.)

Folyadékos hőmérő szálának beállítását figyelték meg a hirtelen hőmérsékletváltozást követően. Ez egy szép instacionárius hőáramlási és raktározási folyamat, melyet az egyszerű kísérleti lehetőségek figyelembevételével ügyesen választottak meg. Nagyobb tömegű testek lehűlését vizsgálva, megállapították a jelenség időállandójának tömegfüggését. A hőmérsékletkülönbség nagysága nem volt észrevehető hatással az időállandóra (a mért eltérések a statisztikus eloszlású mérési hiba eredményei.) A termodinamikai transzportelmélettel való kapcsolat az első mérés eredmény értékelésében téves, a második mérésnél viszont helyesen látták meg az összefüggést.

Dicséző oklevelet kapnak.

A Természetes és zenei hangok elemzése c. pályázatra érkezett munkák többségében olyan jelenségeket vizsgáltak a pályázók, amelyek távol esnek az egyszerű fizikai modellektől, pl. a periodikus jeltől. Ezért nem vettük nagyon szigorúan a pályázóktól, hogy az értékeléseknél felmerült fogalmakat néha zavarosan használták és tisztázásukra nem került sor. A dolgozatok értékelése előtt itt is szükséges néhány megjegyzés.

Mit is értünk pl. egy természetes (emberi vagy állati) hang magasságán? A hangmagasság meghatározása egyértelmű egy szinuszos hangnál, de problémát okozhat már két szinuszos hang egyidejű megszólaltatása is. Ha az utóbbi esetben az egyik frekvenciája egész számú többszöröse a másiknak, akkor ez a másik felharmonikusának tekinthető, és az összetett hang magasságának a kisebbik frekvenciáját érezzük. Érdekes jelenséget figyelhetünk meg, ha a hangok frekvenciája nem egymás többszöröse, pl. 200, 300, 400 Hz egyidejű megszólaltatása esetén mint különbségi hangot 100 Hz-et is fogunk érezni. (Természetesen a helyzet bonyolódik, ha az amplitúdók arányát is változtatjuk.)

Nehezebb az értelmezés, ha a természetes hangokat tekintjük. Itt már nem csupán két szinuszos hang szerepel, hanem általában sokkal bonyolultabb összetételről van szó. Ennek ellenére rendelkezünk egy hangmagasságot a beszédhez, és ez nem más, mint az alaphang magassága, ami énekléssel változtatható is. Az alaphangnak természetesen megjelenik több felhangja is, melyek közül egyes csoportok erősebbek, mások gyengébbek lehetnek. A nagyobb intenzitással szereplő szomszédos felhangok csoportjait formánsoknak nevezzük. Így pl. az „a” hang első és második formánshelye férfiaknál a 600 és 1000 Hz környékére esik, míg az átlagos alaphang-magasság 100–150 Hz. (A további 3. és 4. formáns már inkább jellemző az egyénre, mint a kérdéses magánhangzóra.) Hasonlóan formánsszerkezet rendelhető a fúvós hangszerek nagy többségéhez is.

Külön probléma a frekvenciaanalízis. Mind matematikai módszerekkel, mind elektronikus műszerekkel végezve több feltételt kell számításba venni és nem hanyagolhatók el a módszer korlátai. Így pl. egy tiszta szinuszos hang esetén matematikai elemzésnél is csak akkor kaphatunk egy határozott frekvenciaértéket, ha végtelen idejű egyenletes hangot tételezünk fel. Rövidítve a vizsgálandó jel időbeli hosszát, az eredeti éles frekvenciavonal helyett egyre jobban szétkenődő folytonos frekvenciafüggvényt kapunk.

Ez a probléma műszeres vizsgálatnál még bonyolultabban jelentkezik, mivel az egyes szűrők „berezegetése” hosszabb időt kíván. Ez a tranziens jelenség függ a frekvenciától, de a használt szűrő sávzélességétől is: ha ez utóbbi nagyon éles, azaz csak szűk frekvenciasávra reagál, akkor hosszabb időt kíván az állandó állapot elérése. Ez viszont feltételezi, hogy a vizsgált hang hosszabb ideig periodikus, azonos színképű. Ha a vizsgált hang intenzitás-idő grafikonján periodikus jelleg nem fedezhető fel, akkor ez zörejjellegű, és ilyenkor frekvencia komponensek csak elég erős megszorítással értelmezhetők.

Ezután rátérünk az egyes dolgozatok jellemzésére.

Surján Péter és Gyimesi László (Budapest, Piarista Gimn.)

Egy harmónium hangját mérték és hasonlították össze más nyelvsípos hangszerek hangjával. Alapos tájékozottságról tettek tanúbizonyságot a kísérleteik elméleti megalapozásában. Elektronikus úton elvégezték a hangok Fourier elemzését és a kapott spektrumokat alaposon összevetették a hang színérzettel. Sok helyes meglátásuk van. Felismerték, hogy a felhangspektrum nem írja le maradéktalanul a hangkaraktert. Észrevették, hogy a fül „frekvenciaátviteli karakterisztikája”, az ún. isophon görbék rendszere csak szinuszos hangok esetén ad helyes leírást, összetett hangok esetén nem mérvadó.

I. díjat (800 Ft) kapnak.

Patkó József és Veres Tibor János (Eger, Gárdonyi Géza Gimn.)

Nagyszámú felvételt készítettek énekesmadarak hangjáról. Alapos biológiai tudásuk segített eligazodni a szép hangok sokféleségében. A felvételeket tartalmazó magnószalagokról automata berendezéssel fényképezték le az oszcilloszkópjeleket. Ezt a berendezést saját maguk készítették. A hangokat lassították és lekottázták. A mind lassabban játszott hangok újabb és újabb részleteit tudták megfigyelni. Pályamunkájuk külső alakja is dicséretes. A felhasznált műszereiket nagy gonddal igyekeztek hitelesíteni, de eljárásuk mégis hibás, ugyanis a hangszórójuk feltételezésükkel ellentétben – nem lineáris intenzitás–frekvencia karakterisztikájú!

Jutalmuk: részvétel dolgozatukkal a mainzi európai találkozón (I. díj).

Bakos Tamás, Jambricska László, Molnár László és Varga József (Eger, Gárdonyi Géza Gimn.)

Egyenesszárnú rovarok ciripelésének hangját figyelték meg. Részletes biológiai leírást adtak az egyes vizsgált állatfajokról, a hangkeltés módjáról. Készülékeiket gondos vizsgálattal hitelesítették. A rovarokat zárt dobozban „nevelték”, így akusztikailag jól meghatározható felvételi körülményeket tudtak biztosítani.

Az ilyen típusú zajszerű hangokat ezen a technikai szinten jobban elemezhetjük az idő-, mint a frekvencia függvényében. A pályázat készítői részben az előbbi módszerhez folyamodtak. A felhangok keresése ez esetben nem ad értékelhető eredményt.

Jutalmuk: részvétel dolgozatukkal a mainzi európai találkozón (I. díj).

Fehér Béla, Holló Vilmos és Besenyei Lajos (Eger, Gárdonyi Géza Gimn.)

Kétféle szarvasfajta hangját elemezték. Felvették egy-egy bőgés frekvenciáját az idő függvényében. A tipikusan periodikus részekre grafikus-numerikus Fourier analízist végeztek. A hangok oszcilloszkópábráinak fotografálására ügyes automatát szerkesztettek. A frekvenciameghatározásuk módszere a leírás alapján nem egészen világos. E hangok sokszor olyan távol esnek a periodikus jellegtől, hogy a hangmagasságérzet és a frekvencia összefüggése egyáltalán nem olyan magától értetődő. Helyesen mérték ki rendszerük átviteli karakterisztikáját, de helytelenül használták fel a kiértékelésnél.

400 Ft jutalmat kapnak (II. díj)

Varga Irén és Vajda Anna (Jászberény, Lehel Vezér Gimn.)

Rendkívül nehéz témát választottak: kisgyermek hangjának elemzését. A hangok oszcilloszkópos felvételéig jutottak el. Dicséretes következetességgel fejlesztették filmező technikájukat.

Dicsérő oklevelet kapnak.

A díjakat, jutalmakat és okleveleket postán küldjük. Pályázóinknak további sikereket kívánunk!