

Az ankét után

Az ankét zárása után szinte azonnal az előadásokat (egy kivétellel) Mester András felvitte a honlapunkra. Ezzel is segítettük azok hasznosíthatóságát.

A vezetőség a véleménykérő lapok és a beküldött dolgozatok áttanulmányozása után – még az 53. ankét szervezésének megkezdése előtt – röviden értékelte az ankétot. Jövőbeni munkájának alapjaként elfogadta a résztvevők észrevételeinek többségét. Ezek közül néhányat megemlítettünk.

Jó volt a témaválasztás, és az, hogy egyes részterületek elismert művelőit sikerült előadónak megnyerni.

Az előadók jól felkészültek. Közülük Sükösd Csaba előadásait tartották a legjobbnak. Ugyancsak kiválóak voltak Balázs Lajos, Oláh Katalin és Trócsányi Zoltán előadásai.

A körülmények kiemelkedően jók voltak. Nagy előnyt jelentett, hogy gyakorlatilag egy helyen volt minden.

Most nem volt gond a jelenléti ív aláírásával.

A szállás kiemelkedő színvonalú volt, és az ankét végére a templom éjjeli hangjelzéseit meg lehetett szokni. Az étkezéssel kapcsolatban egyetlen negatív vélemény sem hangzott el.

A kissé feszített időbeosztás ellenére igen jó hangulatú rendezvény volt.

Az elküldött dolgozatok színvonalával és kivitelével elégedettek lehetünk.

Feltétlenül javítani kell a jelentkezők tájékoztatásán; a *Fizikai Szemlé*ben elhelyezett információ nem jut el mindenkihez.

A műhelyfoglalkozások rövid összefoglalóihoz hasonlót kellene mellékelni az előadásokról és az eszközbemutatókról is.

Az erőltetett fórum nem érte el a kitűzött célt. Nem lenne szabad megengedni, hogy az igényelt program a minisztériumi vendég/küldött és a társulat tisztségviselőinek a párbeszéde legyen.

A csillagtúra megítélése szélsőséges volt.

Hiányolták az üzem/intézmény-látogatást.

Hiányolták a természeti jelenségek (pl. éghajlat) okainak vizsgálatát.

Az eszközbemutatóra szánt helyiségek nem feleltek meg a célnak, zsúfoltságot okoztak. Nem szabad, hogy a bemutató lebonyolítása másodlagos szempont legyen.

Közönségdíjat kellene kiírni az előadók számára és azt az ankéton át kellene adni.

Valahogyan emelni kellene a műhelyfoglalkozások és eszközbemutatók díjainak nagyságát.

A fogadás méltatlan volt a sikeres ankétéhoz.

A következő ankét témájaként épületfizikát(!), mechanikát és modern fizikát javasoltak a résztvevők.

Csak néhány elismerő/elmarasztaló észrevételt említettünk ki a számos megállapítás közül. „Súlyuk”-tól függetlenül mindegyiket fontosnak tartjuk, és a következő miskolci ankét szervezésekor tekintetbe vesszük azokat.

A vezetőség megbízásából:
Kopcsa József

A FIZIKA OKTV HARMADIK FORDULÓJA A MÁSODIK KATEGÓRIA RÉSZÉRE – 2009

Vannay László, Fülöp Ferenc, Máthé József, Nagy Tamás
BME, Fizikai Intézet, Kísérleti Fizika Tanszék

A fizika Országos Középiskolai Tanulmányi Verseny – a 2007/2008-as tanévtől kezdődően – két csoportban (kategóriában) kerül megrendezésre. A diákok hovatartozása a versenykiírás szerint: „Az I. kategóriába azok a középiskolai tanulók, akik nem tartoznak a II. kategóriába. A II. kategóriába azok a gimnáziumi tanulók, akik a 9. évfolyamtól kezdődően – az egyes tanévek heti óraszámát összeadva – a versenyben való részvétel tanévének heti óraszámával bezárólag összesen heti 8, vagy annál több órában tanulják a fizikát bizonyítványban feltüntetett tantárgyként.”

Mind a két csoport részére három fordulóból áll a verseny. Az első két forduló során elméleti problémákat kell megoldaniuk a versenyzőknek, míg a harmadik fordulóban mérési feladatokkal kell megbirkózniuk. A harmadik fordulóban az első két forduló legjobbjai mérik össze tudásukat.

A verseny értékelése a második (a II. kategóriánál maximum 60 pont) és a harmadik (a II. kategóriánál maximum 40 pont) fordulóban szerzett pontok összegzésével történik.

A BME Fizikai Intézet a II. kategória versenyének harmadik – döntő – fordulóját rendezte. A versenyen 30 diák vett részt, két 15 fős csoportban. Az egyik csoport délelőtt, 8-tól 12 óráig, a másik 13-tól 17 óráig dolgozott, egymástól függően elválasztott mérőhelyeken. A mérőhelyeket kisorsoltuk a versenyzők között.

Cikkünkben először bemutatjuk a verseny kezdetekor kiadott írásos anyagot, utána vázoljuk a kitűzött feladatok megoldásának módját, majd beszámolunk az értékelés során szerzett tapasztalatokról, a versenyzők eredményeiről, és végül köszönetet mondunk mindazoknak, akik közreműködtek a verseny előkészítésében vagy lebonyolításában.

A versenyzők részére kiadott írásos anyag

Kondenzátor kapacitásának meghatározása

A feladat

1. Határozza meg egy kondenzátor (C_x) kapacitásának értékét, a kapacitásmérés számos módszere közül az alábbiak alkalmazásával:

- egy rezonancia módszerrel (maximum 10 pont);
- egy ismert és az ismeretlen kapacitás összekapcsolásával (maximum 10 pont);
- kisülési folyamatok vizsgálatával (maximum 15 pont).

Készítsen mérési jegyzőkönyvet az alábbiak szerint:

- Rajzolja fel az egyes módszereknél alkalmazott áramkörök kapcsolási rajzát.

- Részletesen ismertesse az alkalmazott mérés egyes lépéseit, a lépések sorrendjét, mérési eredményeit és a mérési eredmények feldolgozásának módszerét, grafikonjait, számításait, és a módszerrel kapcsolatos észrevételeit.

2. Mérési adatai felhasználásával határozza meg a feladat megoldásakor feszültségmérésre használandó műszer belső ellenállását (maximum 5 pont).

A feladat megoldásához rendelkezésre álló eszközök

1. Hanggenerátor (változtatható frekvenciájú, váltoáramú tápegység). HAMEG gyártmányú, HM 8030-5 típusú jelgenerátor.

2. Egyenáramú tápegység. HAMEG gyártmányú, HM 8040-2 típusú hármas tápegység.

3. Digitális multiméter. HAMEG gyártmányú, HM 8011-3 típusú.

4. Stopperóra (1/100 s-os felbontással).

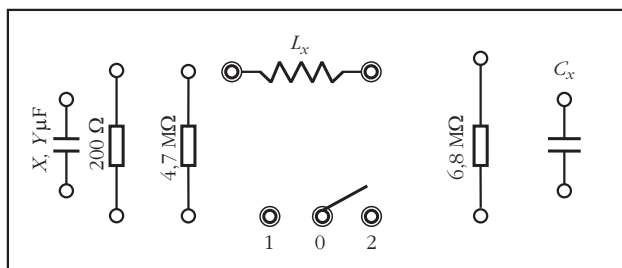
5. 8 db banándugós csatlakozó zsinór.

6. Csatlakozó vezeték a hanggenerátorhoz.

7. A kapcsolások összeállításához szükséges elemeket tartalmazó műanyag doboz, amely a következő elemeket tartalmazza:

- C_x az ismeretlen kapacitású kondenzátor (átvezetési ellenállása $> 10^5 \text{ M}\Omega$);
- 1 db ismert kapacitású kondenzátor (átvezetési ellenállása $> 10^5 \text{ M}\Omega$);
- 1 db ismeretlen önindukciós együtthatójú tekercs (L_x);
- 1 db egy áramkörös, kétállású kapcsoló;
- 1 db $200 \text{ }\Omega$ -os 1%-os ellenállás;
- 1 db $4,7 \text{ M}\Omega$ -os 1%-os ellenállás;
- 1 db $6,8 \text{ M}\Omega$ -os 1%-os ellenállás.

1. ábra. A műanyag dobozban elhelyezett kapcsolási elemek.



8. Vázlat, amely megadja az egyes elemek helyét a dobozban, valamint az ismert kapacitás értékét. Az áramkörök összeállítása az elemek végein lévő banánhüvelyek és a csatlakozó zsinórok felhasználásával lehetséges.

9. A mérési adatok feldolgozásához milliméterpapír.

10. A műszerek használatával kapcsolatos ismertető a mérőhelyen megtalálható.

További információk

A verseny időtartama 4 óra.

Az elkészített jegyzőkönyve minden lapján, az első oldal jobb felső sarkában tüntesse fel a mérőhely számát, valamint azt, hogy a délelőtti (De.), vagy a délutáni (Du.) csoportban mért. Egyéb azonosításra alkalmas adatot (név, iskola stb.) ne tüntessen fel!

Ha a kiadott eszközök kezelésével kapcsolatban problémái vannak, vagy az eszközök működésénél rendellenességet tapasztal, forduljon a felügyelő tanárokhoz.

A méréseket körültekintően végezze.

A tápegységeket csak az áramkör összeállítása és gondos ellenőrzése után csatlakoztassa a vizsgált kapcsolásra.

Tartsa be az általános balesetvédelmi szabályokat.

Vigyázzon saját maga és a kiadott eszközök épségére.

Eredményes versenyzést kívánunk.

Megjegyzés: ha a műanyag doboz a benne lévő kapcsoló irányából nézzük, az „ismert” kondenzátor a bal szélén helyezkedett el, kapacitásának értékét – amely mérőhelyenként eltért – a vázlaton megadtuk.

A feladat megoldása

Kapacitásmérés rezonanciámódszerrel

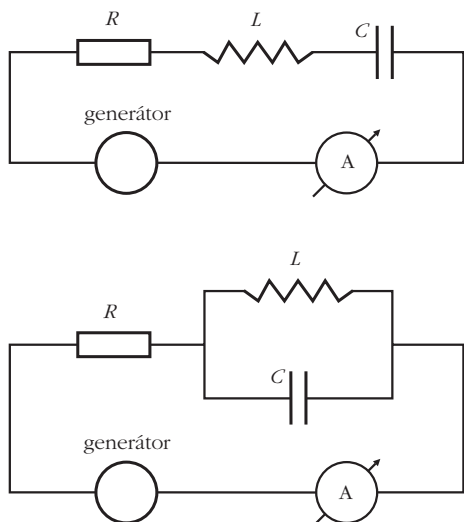
Ha sorba kapcsolunk R ohmos ellenállást, C kapacitású kondenzátort és L önindukciós együtthatójú tekercset, soros rezgőkört kapunk. Ha a soros rezgőkörre, f frekvenciájú, $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$ körfrekvenciájú szinuszos feszültséget kapcsolunk, az elemeken átfolyó I áram értéke:

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \left(\omega \cdot L - \frac{1}{\omega \cdot C}\right)^2}}$$

Az áram láthatóan a frekvencia függvénye. Maximális értékét az f_0 rezonanciafrekvenciánál veszi fel, amikor:

$$\omega_0 = 2 \cdot \pi \cdot f_0 = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} \quad (1)$$

Abban az esetben, ha a tekercset és a kondenzátort párhuzamosan kapcsoljuk, párhuzamos rezgőkört kapunk, melynél a frekvencia változtatásával, rezonanciafrekvenciánál áramminimumot tapasztalunk. A



2. ábra. A méréshez összeállított áramkörök vázlata. Soros rezgőkörnél (fölül) rezonancián árammaximum, míg párhuzamos rezgőkörnél (alul) rezonancián áramminimum észlelhető.

párhuzamos rezgőkörnél is az (1) egyenlet adja meg a rezonanciafrekvencia és a kapcsolási elemek jellemzői közötti kapcsolatot.

Megállapíthatjuk, hogy a rezonanciamódszerek egyaránt alkalmasak kapacitás, és önindukciós együttható mérésére. Ha kapacitást (C_x) szeretnénk mérni a rezgőkör összeállítása után (2. ábra), a feszültségforrás frekvenciájának változtatásával megkeressük az f_x rezonanciafrekvenciát, és ha ismerjük az alkalmazott tekercs L önindukciós együtthatóját, az (1) összefüggés felhasználásával meghatározhatjuk a keresett kapacitás értékét.

Ha, mint esetünkben, nem ismerjük a tekercs önindukciós együtthatóját, egy ismert C_0 kapacitású kondenzátor segítségével, rezonanciamódszerrel megmérhetjük az ismeretlent. A rezonanciafrekvenciát ebben az esetben jelöljük f_0 -val.

A feladat megoldható a rendelkezésre álló tekercs önindukciós együtthatójának meghatározása nélkül is, hiszen az ismert és az ismeretlen kapacitású kondenzátorokkal mért rezonanciafrekvenciákkal a kapacitások aránya:

$$\left(\frac{f_0}{f_x}\right)^2 = \frac{C_x}{C_0}. \quad (2)$$

Az ismert kapacitások értéke mérőhelyenként 4,57 és 4,72 μF között változott. A tekercsek önindukciós együtthatója, pedig 1,26 és 1,59 H közötti értéket vett fel. A hanggenerátor frekvenciáját 0,1 Hz-enként lehetett változtatni, így a rezonanciafrekvencia a rezonanciagörbe felvétele nélkül is jól meghatározható volt.

Egy soros rezgőkör ismert és ismeretlen kondenzátorral mért rezonanciagörbét mutatja a 3. ábra. Az ismert 4,57 μF kapacitású kondenzátorral 58,15 Hz-nél, míg az ismeretlen kondenzátorral 40,40 Hz-nél található a rezonanciafrekvencia, így a (2) egyenlet felhasználásával a keresett C_x kapacitás értéke 9,47 μF .

Kapacitásmérés egy ismert és az ismeretlen kapacitás összekapcsolásával

A feladat kiírásakor arra gondoltunk, hogy ha adott U_1 feszültségre feltöltött ismeretlen C_x kapacitású kondenzátort összekapcsolunk egy ismert, kisütött C_2 kapacitással, a kialakuló közös U_2 feszültséget megmérve, a töltésmegmaradás elvét figyelembe véve, meghatározható a keresett kapacitás. A vonatkozó összefüggés:

$$Q = U_1 \cdot C_x = U_2 (C_x + C_2). \quad (3)$$

Ennél a megoldásnál a feszültséget mérő műszer belső ellenállásán keresztül történő kisülés miatt problematikus az összekapcsolás pillanatában kialakuló közös feszültség értékének meghatározása. A két összekapcsolt kondenzátor feszültségmérő műszeren keresztül történő kisülési folyamatának vizsgálata ad lehetőséget ennek a feszültségnek a meghatározására.

Ha egy feltöltött kondenzátor ellenálláson keresztül sül ki, a feszültség időbeli változása az alábbi összefüggés szerint alakul:

$$u(t) = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{R \cdot C}}, \quad (4)$$

ahol C a kondenzátor kapacitása, R az ellenállás értéke, t az idő, és U_0 a $t = 0$ időponthoz tartozó feszültség.

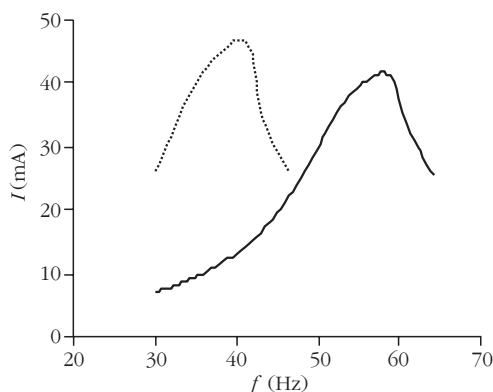
A (4) kifejezés – voltban kifejezett értékének – természetes alapú logaritmusát egy egyenes egyenletét adja:

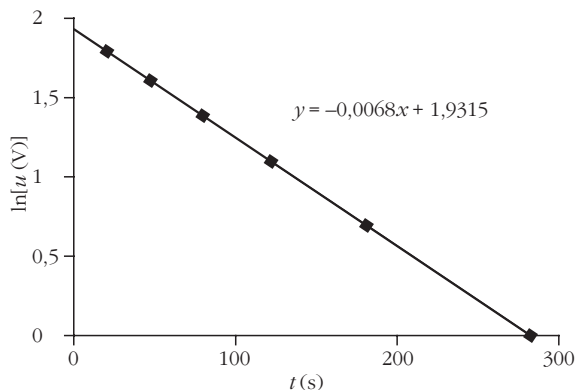
$$\ln u = \ln U_0 - \frac{t}{R \cdot C}. \quad (5)$$

Az egyenes $t = 0$ ponthoz tartozó tengelymetszete a kiinduló feszültség logaritmusát adja.

Az elmondottaknak megfelelően a vizsgált kapacitást 10 V-ra feltöltöttük, majd összekapcsoltuk az ismert kapacitású kondenzátorral és felvettük a feszültség-idő függvényt. A mért feszültségértékek logaritmusát ábrázolva az idő függvényében a mérési pontokra egyenest illesztettünk (4. ábra). A mérési pontok igen jól illeszkedtek a felvett egyenesre.

3. ábra. Soros rezgőkör árama a frekvencia függvényében. A rezonancia az ismeretlen kondenzátorral 40,40 Hz-nél, míg a 4,57 μF értékű ismerttel 58,15 Hz-nél található.





4. ábra. A kondenzátor kisülésének időbeli lefutása.

Az egyenes egyenletéből: $\ln U_0 = 1,9315$ és ebből U_0 értéke 6,8998, azaz 6,9 V.

A (3) egyenletből:

$$C_x = \frac{U_2}{U_1 - U_2} \cdot C_2.$$

$C_2 = 4,57 \mu\text{F}$ értékkel számolva $C_x = 10,17 \mu\text{F}$.

Az általunk várt, és fent leírt módszert csak néhányan alkalmazták. Legtöbbször azt a megoldást választották, hogy az ismert és az ismeretlen kondenzátort sorba kötve kapcsolták egy egyenfeszültségű tápegységre, és a kondenzátorokon mért feszültségek összehasonlításával oldották meg a feladatot.

Többször választották azt a megoldást, hogy a kondenzátorokat sorba, vagy párhuzamosan kapcsolva, áram- és feszültségméréssel, Ohm-törvény alapján impedanciát mértek.

Természetesen minden jó megoldást elfogadtunk.

Kapacitásmérés a kisülési folyamatok vizsgálatával

Mint korábban leírtuk, a feltöltött kondenzátor ellenálláson keresztül történő kisülésekor a kondenzátor feszültsége a (4) összefüggés szerint változik. A kondenzátor feszültségének természetes alapú logaritmusát az (5) egyenlet szerint egy egyenes egyenletét adja. Tehát a mérési pontokra egyenest illesztve, annak meredeksége: $-1/(R \cdot C)$.

Az elmondottak alapján, ha a vizsgált C_x kapacitású kondenzátort U_0 feszültségre feltöltjük, majd a feszültségmérő R_x belső ellenállásán keresztül kisütjük, a feszültség logaritmusának idő függvényeként kapott egyenes meredeksége:

$$m_1 = \frac{1}{R_x \cdot C_x}.$$

Abban az esetben, ha az előbbi mérést megismételjük, de a kondenzátort a feszültségmérővel párhuzamosan kötött, ismert R_0 ellenálláson keresztül sütjük ki, a mérőpontokra illesztett egyenes meredeksége:

$$m_2 = -\frac{R_0 + R_x}{R_0 \cdot R_x \cdot C_x}$$

lesz. A két meredekségre kapott kifejezésből meghatározható a vizsgált kapacitás és a feszültségmérő belső ellenállásának értéke:

$$C_x = \frac{1}{(m_1 - m_2) \cdot R_0},$$

$$R_x = \frac{R_0 \cdot (m_2 - m_1)}{m_1}.$$
(6)

Az ismeretlen kapacitású feltöltött kondenzátort a feszültségmérő belső ellenállásán kisütve mértük a kondenzátor feszültségét az idő függvényében. Az eredményeket felhasználva kaptuk az 5. ábra a egyenesét.

A b egyeneshez tartozó mérési pontoknak megfelelő feszültségértékeket akkor kaptuk, amikor a feltöltött kondenzátort a feszültségmérővel párhuzamosan kapcsolt $11,5 \text{ M}\Omega$ -os ellenálláson keresztül sütöttük ki.

A (6) összefüggésekből, a mérési pontokra illesztett egyenesek egyenletéből kapott meredekségek felhasználásával $C_x = 9,99 \mu\text{F}$ és $R_x = 10,11 \text{ M}\Omega$. (A voltmérő gépkönyve $10 \text{ M}\Omega$ -nak adta meg a műszer belső ellenállását.)

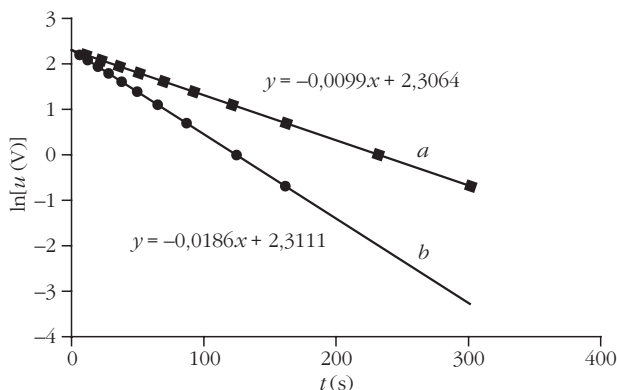
A kisütés előtt a kondenzátort 10 V-ra töltöttük fel ($\ln 10 = 2,3025$), a mérési pontokra illesztett egyenesek 10,04, illetve 10,08 V-nál metszik az y tengelyt. A kisütés kezdetén, amikor a feszültség gyorsabban változik, a rövid idők mérési pontossága kisebb, mint a hosszabb időké. Javíthatunk volna az eljárás pontosságán, ha nem vesszük figyelembe a mért rövidebb időket.

A leírt eljárásnál gyorsabban lehet a feladatot megoldani, ha csak egy olyan időpontot vizsgálunk, amikor a kisülő kondenzátor feszültsége a kiindulási érték adott hányadát éri el, például a felét, vagy e -ed részét. A legegyszerűbb az utóbbi eset.

Jelöljük t_1 -gyel és t_2 -vel azt az időt, amely idő alatt a kiindulási feszültség az e -ed részét éri el a feszültségmérőn, illetve a feszültségmérőn és a vele párhuzamosan kapcsolt ellenálláson keresztül kisütve. A (4) egyenletből (a korábbi jelöléseket alkalmazva):

$$t_1 = C_x \cdot R_x \quad \text{és} \quad t_2 = C_x \cdot \frac{R_x \cdot R_0}{R_x + R_0}.$$
(7)

5. ábra. Az ismeretlen kapacitású kondenzátor kisülése a feszültségmérő belső ellenállásán – a egyenes – és a feszültségmérővel párhuzamosan kapcsolt $11,5 \text{ M}\Omega$ -os ellenálláson – b egyenes.



A fenti két egyenletből a két ismeretlen meghatározható.

A feladat 2. pontjában a voltmérő belső ellenállásának meghatározását kértük. Ez valójában nem jelentett újabb mérési feladatot, hiszen a kisülési folyamat vizsgálatával megválaszolható a kérdés.

Megjegyezzük, hogy nagy ellenállások mérésére szokták alkalmazni a módszert.

A feszültségmérő belső ellenállásának meghatározása

Azzal a megfogalmazással, hogy „mérési adatai felhasználásával határozza meg a feladat megoldásakor feszültségmérésre használandó műszer belső ellenállását”, arra utaltunk, hogy nem kell külön méréseket végezni a belső ellenállás meghatározásához. Ahogy azt leírtuk, a kisülési folyamat vizsgálatánál kapott adatokból ez a kérdés is megválaszolható. A műszer belső ellenállását a várt módon csak egy-két versenyző határozta meg.

Néhányan úgy határozták meg a belső ellenállást, hogy adott egyfeszültségre egy nagy értékű, ismert R_0 ellenállással sorba kötve a voltmérőt, mérték a műszerre eső feszültséget. A tápegység U_0 feszültségének és a voltmérő U_V feszültségének különbsége az ismert ellenálláson eső U_R feszültség. A körben folyó áramra felírt egyenletből a műszer R_b belső ellenállása meghatározható:

$$I = \frac{U_R}{R_0} = \frac{U_0 - U_V}{R_0} = \frac{U_V}{R_b}. \quad (8)$$

A voltmérő belső ellenállásának nagyságrendjébe eső, nagy értékű ellenállás mellett a tápegység belső ellenállása elhanyagolható, a módszer alkalmazható.

A versennyel kapcsolatos tapasztalatok és az eredmények

A feladat összeállításakor úgy gondoltuk, hogy a rezonanciámódszerek valamelyikét – valószínűleg a soros rezgőkört – mindegyik versenyző alkalmazni fogja. Meglepetéssel tapasztaltuk, hogy a versenyzőknek majdnem fele egyik módszert sem alkalmazta. Tehát a feladatnak ezt a részét nem oldották meg.

Mint azt a *Kapacitásmérés egy ismert és az ismeretlen kapacitás összekapcsolásával* pontban leírtuk, a feltöltött és a feltöltetlen kondenzátor összekapcsolásával, az így kialakuló közös feszültség meghatározásával, majd a (3) összefüggés alkalmazásával csak néhányan (7 fő) oldották meg a feladatot. Közülük többen megemlítették a közös feszültség mérésénél tapasztalt nagy bizonytalanságot, amelynek csökkentésére a „gyorsan kell mérni” megoldást javasolták.

16 versenyző próbálta más módszerrel megoldani a feladatot, az általuk alkalmazott módszerekre már korábban utaltunk.

A kisülési folyamat vizsgálatával a versenyzőknek több mint a fele foglalkozott. Néhányan idő hiányában csak írtak a módszerről. 15-en méréseket is végeztek, és a mérési eredmények feldolgozásával is foglalkoztak. Sajnos közülük sokan megfeledkeztek a feszültségmérő belső ellenállásáról. Négyen oldották meg lényegében jól a feladatnak ezt a részét, közülük egy versenyző megoldása volt teljes értékű.

A versenyzők munkájának értékelésénél szembevetendő volt, a korábbi versenyekhez viszonyítva:

- az alacsony pontszámot elérték nagy száma (tizen – a megszerezhető 40 pontból – 10 pontnál kevesebbet kaptak);
- a lányok számának növekedése, és a lányok jó szereplése.

A második és a harmadik fordulón elért pontszámok összesítése után az élmezőnyben a sorrend az alábbiak szerint alakult:

1. *Balogh Máté* a budapesti Fazekas Mihály Fővárosi Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium tanulója, felkészítője *Horváth Gábor*;

2. *Farkas Márton Bence* (Budapest, Fazekas Mihály Fővárosi Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium, Horváth Gábor);

3. *Hegedűs Tamás László* (Miskolc, Földes Ferenc Gimnázium, *Héjj Márta* és *Kovács Benedek*);

4. *Deák Zsolt* (Szolnok, Verseyhy Ferenc Gimn.), 5. *Lovas Lia Izabella* (Pécs, Leőwey Klára Gimn.), 6. *Karsa Anita* (Budapest, Fazekas Mihály Főv. Gyak. Ált. Isk. és Gimn.), 7. *Aczél Gergely* (Pápa, Pápai Református Kollégium Gimnáziuma), 8. *Földes Imre* (Szolnok, Verseyhy Ferenc Gimn.), 9. *Mayer Jakab Balázs* (Szeged, SZTE Ságvári Endre Gyak. Gimn.), 10. *Almády Balázs* (Tata, Eötvös József Gimn. és Koll.), 11. *Pálovics Péter* (Zalaegerszeg, Zrínyi Miklós Gimn.), 12. *Trényi Róbert* (Szeged, Radnóti Miklós Gyak. Gimn.), 13. *Lászlóffy András* (Budapest, Piarista Gimn.), 14. *Szabó Dávid* (Budapest, Fazekas Mihály Főv. Gyak. Ált. Isk. és Gimn.), 15. *Horváth Dávid* (Miskolc, Herman Ottó Gimn.).

Köszönetnyilvánítás

A verseny lebonyolításához szükséges anyagi hátteret részben az Oktatási Hivatal biztosította. Ezt ezúton is köszönjük.

A verseny lebonyolításához szükséges eszközök kivitelezéséért *Horváth Bélának* és *Halász Tibornak*, a megfelelő körülmények megteremtéséért *Gál Bélának* és *Mezey Miklósnak* jár a köszönet. A feladat kitűzésével, a verseny lebonyolításával kapcsolatos hasznos tanácsaiért *Kálmán Péternek* és *Keszthelyi Tamásnak* mondunk köszönetet.

A versennyel kapcsolatos adminisztrációs és gazdasági ügyek intézéséért *Köves Endrénét* és *Gál Bélánét* illeti köszönet.

Elismerés és köszönet illeti mindazokat, (szülőket, tanárokat, barátokat stb.) akik segítettek a versenyzők munkáját és ezzel hozzájárultak a verseny sikeréhez.