

keztet az első konferencia címére, ami angolul így hangzott: *Radiation Theory and Quanta*. De mennyire más ma már a nézőpont!

A konferencia elnöke 1911-ben az 58 éves Hendrik Lorentz volt, aki akkor idős tudósnek számított. 2011-ben a 70 éves *David Gross* fog elnökölni, az ő mai megjelenése fiatalosabb, mint Lorentzé volt száz évvel ezelőtt. Berkeley-ben 2007-ben tartott előadása, amely az interneten is megtekinthető, igazán meggyőző bizonyíték erre, érdemes rákattintani: <http://www.youtube.com/watch?v=AM7SnUlw-DU>. Mindketten Nobel-díjasok, a két Nobel-díj között 102 év telt el. A meghívott résztvevők száma 2011-ben legalább kétszerese lesz az 1911-esnek – már a legutóbbi két konferencián is így volt. Azokra nagyjából minden második fizikus az Egyesült Államokból érkezett, s ez valószínűleg idén is így lesz. A legjobb és legdrágább amerikai egyetemek, kutatóhelyek ma már az egész világból magukhoz vonzzák a legjobb tudósokat, s ha

egy-egy helyen a tudósok száma meghalad bizonyos „kritikus tömeget”, beindul a láncreakció, felforrósodik a tudományos élet. Az amerikai tudomány magas színvonaláról tanúskodnak az utóbbi évtizedekben kiadott Nobel-díjak is.

Száz éve, az első Solvay-konferenciának még egyetlen amerikai résztvevője sem volt.

#### Irodalom

1. Simonyi Károly: *A fizika kultúrtörténete*. Gondolat Kiadó, Budapest, 1986.
2. *La Theorie du Rayonnement et les Quanta, Rapports et Discussions de la Reunion tenue a Bruxelles, du 30 Octobre au 3 Novembre 1911*. Publies par M. M. Langevin et M. de Broglie, Gauthier-Villars, Paris, 1912.
3. *Die Theorie der Strahlung und der Quanten, Verhandlungen auf einer von E. Solvay einberufenen Zusammenkunft (30. Oktober bis 3. November 1911), Mit einem Anhang über die Entwicklung der Quantentheorie vom Herbst 1911 bis zum Sommer 1913*, in deutscher Sprache herausgegeben von A. Eucken, Halle a. S., Druck und Verlag von Wilhelm Knapp, 1914.

## A FIZIKA TANÍTÁSA

# BÉKÉSY GYÖRGY FIZIKA EMLÉKVERSENY

Härtlein Károly  
BME Fizikai Intézet

A verseny kiemelt témái a névadó munkásságából adódóan az akusztika, a fénytán és a villamosságtan. A verseny elméleti és kísérleti részből áll. A méréseknek kiemelt szerepet szánunk, ezért az első napon elméleti előadást és kísérleti bemutatót is tartunk. A versenyre elsősorban a téma iránt érdeklődő tanulók jelentkezését várjuk, a 9., 10. és 11. évfolyamokról.

A középiskolai tanulók 11. évfolyama számára 12. alkalommal meghirdetett Békésy György Fizika Emlékverseny ebben az évben is a megszokott feszes, de nem barátságtalan rend szerint zajlott le a meghirdetett és betartott alábbi program szerint.

#### Péntek május 20.

- 14 óra érkezés a Puskás Technikumba, regisztráció
- 14 óra 30 írásbeli feladatréz
- 17 óra 30 írásbeli vége
- 17 óra 30 és 18 óra között indulás a szálláshelyre (Táncsics kollégium)

#### Szombat május 21.

- 8 óra Puskás Technikumban az írásbeli eredmények ismertetése és a kísérlet megkezdése,
- 8 és 10 óra között a döntőbe nem jutottak számára *Tóth Pál*, a Fizibusz vezető tanára tartott előadást
- 10 óra gyakorlati feladatok vége
- 12 óra szünet
- 13 óra eredményhirdetés, feladatmegoldások ismertetése

## Az írásbeli feladatok

1. feladat kitűző: *Nagy Márton*, Sopron

Egy mechanikai hullám egyik közegből a másik közegbe lép át. Melyek változnak meg az alábbi, hullámmozgást jellemző fizikai mennyiségek közül?

- a) periódusidő,
- b) hullámhossz,
- c) fázisshift,
- d) frekvencia,
- e) terjedési sebesség.

2. feladat kitűző: *Wiedemann László*, Budapest

Adott egy  $U = 2000$  V feszültségre feltöltött, elszigetelt síkkondenzátor. Egyik lemeze rögzített, a másik vízszintes irányban, önmagával párhuzamosan és az első lemezre merőlegesen elmozdulhat. Ehhez vízszintesen egy  $D$  direkción erejű finom rugó csatlakozik, amelynek másik vége rögzített. A lemez elmozdulása a rugó hosszának változását eredményezi. Kezdetben a rugó feszítetlen, a lemezek távolsága  $d$ , egy lemez felülete  $A$  és tömege  $m$ . Minden súrlódástól eltekintünk.

a) A rugóval kapcsolt lemez rögzítését feloldva mekkora lesz a lemezek maximális távolsága, ha feltöltés után a feszültségforrást a kondenzátorról lekapcsoljuk?

b) Milyen mozgást végez a szabad lemez?

c) Mennyi idő alatt következik be a mozgó lemez maximális elmozdulása?

A lemezek között működő merőleges vonzóerő:

$$F = \frac{1}{2} \epsilon E^2 A,$$

$$W = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

ahol  $\epsilon = 8,86 \cdot 10^{-12}$  As/Vm,  $E$  a lemezek közti homogén elektromos tér térerőssége,  $A$  egy lemez felülete.

Adatok:  $d = 1$  cm,  $A = 100$  cm<sup>2</sup>,  $D = 0,1$  N/m, a mozgó lemez tömege  $m = 10$  g.

3. feladat kitűző: Kotek László, Pécs

Nem hullámzó, mély tóban egy pontszerű fényforrás halad függőlegesen lefelé  $v = 0,8$  m/s sebességgel. A víz törésmutatója  $n = 4/3$ . Mekkora sebességgel mozog vízszintes irányba a víz felszínén lévő fényfolt határa?

4. feladat kitűző: Härtlein Károly, Budapest

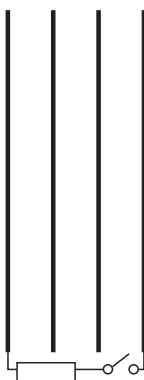
Az európai szabvány szerint működő videokamerák másodpercenként 25 képet rögzítenek. Milyen fordulatszámoknál látszik állónak annak a fűrógépnek a tokmánya, amelyik három pofával szorítja meg a befogott csigafűrőt?

5. feladat kitűző: Kotek László, Pécs

Négy darab azonos felületű, egymással szemben lévő, párhuzamos fémlémezt az ábrán látható módon elhelyeztünk, a középső fémlémezeknek  $+Q$  és  $-Q$  töltést adtunk, a szélső fémlémezek pedig töltetlenek. A lemezek azonos távolságra vannak egymástól, ez a távolság a lemezek méreteihez képest kicsi.

a) Mennyi töltés halad át a fogyasztón, ha a kapcsolót zárjuk?

b) Mekkora hő fejlődött a fogyasztón, ha ismert, hogy két szomszédos fémlémezből kialakított síkkondenzátor kapacitása  $C$ ?



Ami nem állt a diákok rendelkezésére

Ami a versenyen nem állt a diákok rendelkezésére, itt egy-egy lehetséges megoldás is megtekinthető.

### A 2. feladat megoldása

A lemezek vonzása következtében a rugóval kapcsolt lemez elmozdul. Mivel a kondenzátor töltése változatlan marad, azért bármely helyzetben az  $E$  térerősség változatlan. Ez három összefüggésből következik:

$$Q = CU, \quad C = \epsilon \frac{A}{d-x}, \quad \text{és} \quad E = \frac{U}{d-x}.$$

Ezekből

$$Q = \epsilon AE.$$

Tehát az  $E$  térerősség a pillanatnyi lemeztávolságtól független állandó. Mivel a lemez elmozdulásával a kondenzátor kapacitása növekszik (csökken a lemezek távolsága), a kondenzátor energiája a

képlet alapján csökken, ezért a lemezek között működő vonzóerő munkája a kondenzátor energiájából táplálkozik:

$$\frac{1}{2} \epsilon E^2 A x_{\max} = \frac{1}{2} D x_{\max}^2,$$

tehát

$$x_{\max} = \frac{\epsilon E^2 A}{D}.$$

A mozgásra nézve azt állítjuk, hogy a lemez harmonikus rezgőmozgást végez. Ennek belátására írjuk fel bármely  $t$  időre nézve a mozgásegyenletet:

$$m a = F - D x, \quad \text{kiemelve:} \quad m a = -D \left( x - \frac{F}{D} \right).$$

Bevezetve az

$$y = x - \frac{F}{D}$$

új változót, az előbbi mozgásegyenlet  $y$ -ban harmonikus rezgőmozgást ír le eltolt egyensúlyi helyzettel:

$$a = -\frac{D}{m} y.$$

Ezek szerint

$$\omega^2 = \frac{D}{m}$$

körfrekvenciájú harmonikus rezgést végez a rugóhoz kötött lemez. A legnagyobb kitérést fél periódus alatt éri el a lemez az indulástól számítva.

A képletekbe való behelyettesítés után a legnagyobb kitérés  $x_{\max} = 3,5$  cm,  $\omega = 10$  s<sup>-1</sup>,  $T/2 = 0,314$  s.

A legnagyobb kitérés úgy is számítható, hogy felírjuk a munkatételt, vagy az energiamegmaradás törvényét a rugóból és a mozgó lemezből álló rendszerre.

Más megfontolás: mozgás közben a térerő munkája által folyton cserélődik az energia a rugó potenciális és a kondenzátor elektrosztatikai energiája között.

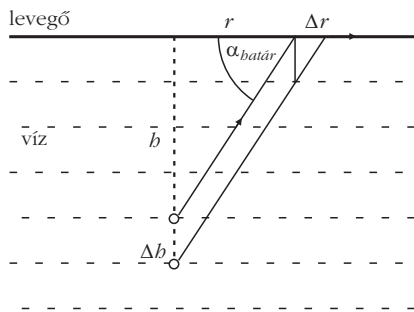
### A 3. feladat megoldása

Legyen a fényforrás  $b$  távolságra a víz felszínétől! Ebben a pillanatban a víz felszínén egy kör alakú fényfolt van. A kör  $r$  sugarát a teljes visszaverődés  $\alpha_{\text{batár}}$  határszögének ismeretében határozhatjuk meg.

$$\frac{\sin \alpha_{\text{batár}}}{\sin 90^\circ} = \frac{1}{n}, \quad \rightarrow \quad \sin \alpha_{\text{batár}} = \frac{1}{n}.$$

Innen a kör sugara:

$$r = b \operatorname{tg} \alpha_{\text{batár}} = b \frac{\sin \alpha_{\text{batár}}}{\sqrt{1 - (\sin \alpha_{\text{batár}})^2}}.$$



Az  $\alpha_{batár}$  szögre kapott kifejezést behelyettesítve:

$$r = b \frac{\frac{1}{n}}{\sqrt{1 - \left(\frac{1}{n}\right)^2}} = b \frac{1}{\sqrt{n^2 - 1}}$$

Legyen a fényfolt határának sebessége  $u$ ! Tegyük fel, hogy a fényforrás  $\Delta t$  idő alatt  $\Delta b$ -val mozdul el, azaz  $v$  sebességére igaz, hogy  $v = \Delta b / \Delta t$ . Eközben a kör sugara  $r$ -ről  $r + \Delta r$  értékre növekszik. A háromszögek hasonlóságából:

$$\frac{r}{b} = \frac{\Delta r}{\Delta b}, \quad \rightarrow \Delta r = \frac{r}{b} \Delta b.$$

A keresett  $u$  sebesség:

$$u = \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{r}{b} \frac{\Delta b}{\Delta t} = \frac{r}{b} v.$$

A kör  $r$  sugarára kapott kifejezést behelyettesítve:

$$u = \frac{v}{\sqrt{n^2 - 1}} = 0,91 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

#### A 4. feladat megoldása

A megoldáshoz ismerni kell a stroboszkopikus hatást, megoldásként nem egy fordulatszámot kapunk, hanem egy sorozatot. A legalacsonyabb fordulatszám, amelyenél állónak látszik a fűrógép tokmánya:

$$n = \frac{\frac{1}{3} \text{ fordulat}}{\frac{1}{25} \text{ s}} = \frac{25}{3} \frac{1}{\text{s}}.$$

E fordulat egész számú többszöröse is megoldások.

#### Az 5. feladat megoldása

a) 1. megoldás. A kapcsoló zárása után legyen az 1. számú lemez töltése  $-q$ , ekkor a 4. számú lemez töltése  $+q$ , és  $q$  töltés halad át a fogyasztón a kapcsoló zárása után. A  $q$  töltés abból a feltételből határozható meg, hogy az 1. számú lemez és 4. számú lemez között a potenciálkülönbség zérus. Határozzuk meg az egyes töltött lemezek által létrehozott térerősségeket! Legyen a  $Q$  töltésű lemez által keltett mezőt jellemző térerősség  $E_0$ , a  $q$  töltésű által keltetté pedig  $E_1$ , ahol:

$$E_0 = \frac{1}{2} \frac{1}{\epsilon_0} \frac{Q}{A} \quad \text{és} \quad E_1 = \frac{1}{2} \frac{1}{\epsilon_0} \frac{q}{A}.$$

Kihasználva, hogy az 1. számú lemez és 4. számú lemez között a potenciálkülönbség zérus:

$$-2 E_1 d + 2 E_0 d - 2 E_1 d - 2 E_1 d = 0$$

$$\rightarrow E_1 = \frac{1}{3} E_0,$$

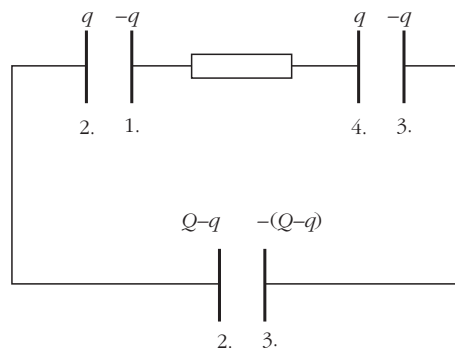
innen és a térerősségek kifejezéséből:

$$\frac{1}{2} \frac{1}{\epsilon_0} \frac{q}{A} = \frac{1}{3} \frac{1}{2} \frac{1}{\epsilon_0} \frac{Q}{A},$$

amiből a fogyasztón áthaladó töltés:

$$q = \frac{1}{3} Q.$$

a) 2. megoldás. Rajzoljuk át a kapcsolást, figyelembe véve, hogy a 2. számú lemez és 3. számú lemez két kondenzátor alkotásában vesz részt!



Használjuk fel a töltésmegmaradást, továbbá azt, hogy zárt hurokban a feszültségek előjeles összege zérus, azaz

$$\frac{q}{C} + \frac{q}{C} - \frac{Q-q}{C} = 0,$$

amiből a keresett töltés:

$$q = \frac{Q}{3}.$$

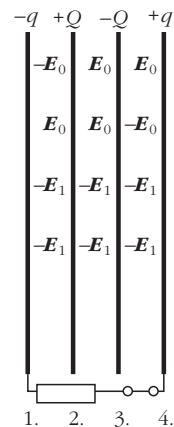
b) A  $\Delta W$  fejlődő hőt a rendszer kezdeti  $W_1$  és végállapotbeli  $W_2$  energiáinak különbsége adja.

$$W_1 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C},$$

$$W_2 = \frac{1}{2} \left( \frac{2}{3} \frac{Q}{C} \right)^2 + 2 \frac{1}{2} \left( \frac{1}{3} \frac{Q}{C} \right)^2 = \frac{1}{3} \frac{Q^2}{C}.$$

A fejlődött hő:

$$\Delta W = W_1 - W_2 = \left( \frac{1}{2} - \frac{1}{3} \right) \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{6} \frac{Q^2}{C}.$$



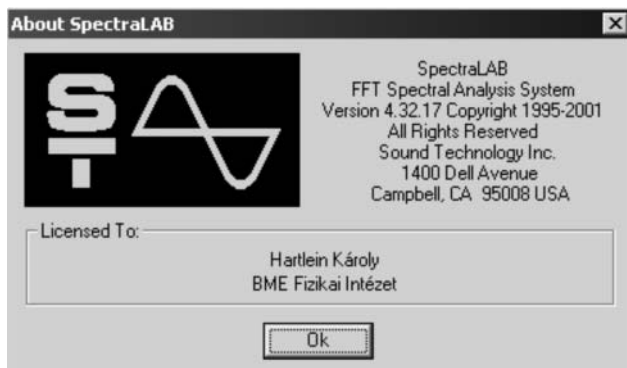
## Kísérleti feladat

kitűző: Hartlein Károly, Budapest

Az asztalon található rudak segítségével határozd meg a longitudinálisan terjedő hullám terjedési sebességét alumíniumban!

*Eszközök:*

- 2 darab különböző hosszúságú 10 mm átmérőjű alumínium pálcá,
- mérőszalag,
- számítógép mikrofonnal,
- spektrumanalizáló szoftver (SpectraLab).



A pálcák több féle módon hozhatók rezgésbe. Ennek megfelelően álló hullámok keletkeznek, amelyek frekvenciája függ a rúd geometriai méretétől, és az anyagminőségtől. Más és más hangon fog megszólalni ugyanaz a pálcá, ha longitudinális vagy transzverzális, esetleg csavarási állóhullámot gerjesztünk. A számítógépen futtatható egy program (SpectraLab), amely segítségével hangfrekvenciás tartományban lehet frekvenciát mérni. A spektrumanalizáló szoftver valós idejű hanganalízist, frekvencia- és intenzitásmérést tesz lehetővé. Elindításakor az alapbeállítások segítségével a függőleges tengelyen a hang erősségét, a vízszintes tengelyen a frekvenciát lehet leolvasni.

Ezen kívül a számítógép desktopján (asztal) található egy film, amelyben megtekintheted az alumínium pálcá „énekeltetésének” módját. Itt leírásokat is találhatsz a pálcákon kialakuló állóhullámokról.

Az egyik kézzel hüvelyk- és mutatóujj-jal kell tartani a pálcát. A másik kéz mutató- és hüvelykujját kell gyanaporrall bekenni. Ezzel a kézzel – hosszanti irányban dörzsölve – kell rezgésbe hozni a pálcát.

A rendelkezésre álló idő 1 óra 50 perc. A mérés elvégzése után a zsűri, a kísérőtanárok és a döntőbe nem jutott diákok előtt, kiselőadás formájában kell ismertetni a mérést!

A mérés során bármilyen könyv és számológép használható! Jó munkát!

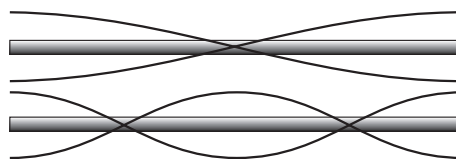
## Megoldás

A mérés elvégzéséhez a versenyen szokásos módon segítségként további információkat találhattak a versenyzők. Filmeket, amelyek a megszólaltatást mutatták be, és mivel nem törzsanyag a pálcák rezgései és a rajtuk kialakuló állóhullám, erről leírást. (<http://jedlik.phy.bme.hu/bekesy2011>)

Egy 500 és egy 750 mm hosszú pálcá állt rendelkezésre. A pálcá rezgésbe hozásával hallható hangot gerjesztünk, amelynek frekvenciáját kell megmérni. Ezen kívül meg kell mérni a pálcá hosszát, így már csak a jól ismert

$$v = f_1 \lambda_1$$

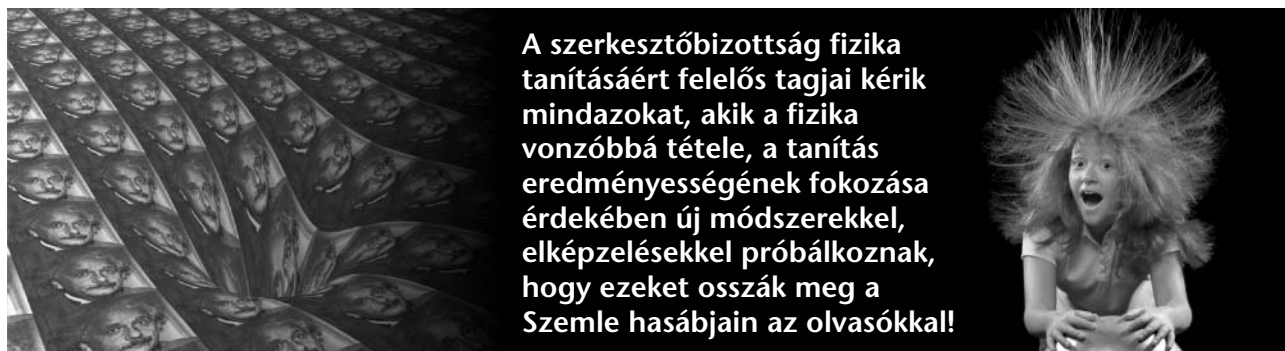
képletbe –  $f_1$  a mért frekvencia,  $\lambda_1$  az állóhullám hullámhossza – kell a mért adatokat behelyettesíteni.



A pálcá megszólaltatása akkor lesz sikeres, ha tartó kezünkkel a csomópontot fogjuk, és gerjesztő kezünkkel a duzzadó helyet gerjesztjük. Mindkét pálcán az alapl móduson kívül az első felharmonikust is meg lehetett szólaltatni.



Az eredményhirdetésnél kiderült, hogy az első helyet *Broda Balázs*, a miskolci Földes Ferenc Gimnázium tanulója, *Gregánné Hursán Zsuzsanna* és *Zámborszky Ferenc* tanítványa szerezte meg, míg *Sápi András*, a hódmezővásárhelyi Bethlen Gábor Református Gimnázium tanulója, *Nagy Tibor* tanítványa lett a második és *Pölöskei Péter Zsolt*, a szigetszentmiklósi Batthyány Kázmér Gimnázium tanulója, *Jubász Róbert* tanítványa a harmadik helyet érdemelte ki.



**A szerkesztőbizottság fizika tanításáért felelős tagjai kéri mindazokat, akik a fizika vonzóbbá tételé, a tanítás eredményességének fokozása érdekében új módszerekkel, elképzelésekkel próbálkoznak, hogy ezeket osszák meg a Szemle hasábjain az olvasókkal!**