

4. ábra. A Lecher-vezeték.

szon pedig az áramerősség periodikusan változik. Ez azt mutatja, hogy a vezeték mentén elektromágneses hullámok terjednek. Érdekességképpen megemlítenődő, ha kvázistacionárius feszültséggel (például hálózati 50 Hz) tápláljuk a Lecher-vezeték egyik végét, akkor adott pillanatban a vezeték mentén mindenhol ugyanaz az áramerősség, tehát nem alakul ki elektromágneses hullám. Fontos ezen átmenet tudatosítása: csak nagyfrekvenciás gerjesztés esetén jönnek létre az elektromágneses síkhullámok. Ha a tápvonal szabad végeit egy fémlappal lezárjuk, akkor állóhullámok jönnek létre. A tápvonalra jellemző az úgynevezett hullámellenállás, általában egy komplex szám, amely adott pillanatban a két vezeték közt mérhető helyi feszültség és helyi áramerősség viszonya. Sokszor az ideális tápvonal esete tájékoztat a vezeték fő tulajdonságairól. Ideális a tápvonal, ha a vezetékek R ohmos ellenállásától és a beágyazó dielektrikum G elektromos vezetőképességétől eltekintünk. Ez esetben a hullámellenállás igen egyszerűen adható meg, nem komplex, a helytől és a gerjesztési frekvenciától független:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L_1}{C_1}},$$

ahol L_1 és C_1 ismét az egységre vonatkoztatott értékek. Érdekes, hogy az illesztésre nézve ugyanaz a törvényszerűség, mint a kvázistacionárius feszültséggel gerjesztett hálózatoknál; ha ugyanis a tápvonal szabad végeit (ideális esetben) éppen Z_0 külső ellenállással zárjuk, a kicsatolt energia maximális lesz. Minél nagyobb a gerjesztő frekvencia, annál inkább kizárólagosan a Poynting-vektorral megadott energiasűrűséget szállítja a tápvonal. A pontos leíráshoz figyelembe kell venni a

$$j_e = \frac{\partial D}{\partial t}$$

eltolási áramsűrűséget, ahol $D = \epsilon E$. E tárgyalás eredményét mutatja a 4. ábra.

Általános esetben a síkhullám fázissebbsége ω -függő, vagyis a gerjesztési frekvenciától függ, tehát a Lecher-féle dróthullámok diszperziót mutatnak. Ez fontos következménnyel jár. Ha ugyanis különböző impulzusok, véges hosszúságú jelek formájában viszünk át energiát – ez történik például a telefonvezetékknél –, akkor az átvitel hullámcsoportok formájában történik, és mivel széles hullámsávból épül fel a hullámcsoport, ezért terjedés közben „szétfolyik”, a jel alakja torzul. Így például telefonbeszélgetéskor a torzítás lehetetlenné tenné a jó minőségű átvitelt, ha nem alkalmaznának szakaszonként korrekciót (Pupin-tekerecs).

Irodalom

1. B. Baule: *Die Mathematik des Naturforschers und Ingenieurs*, II. Hirzel Verlag, Leipzig, 1956.
2. Budó Ágoston: *Kísérleti Fizika II*. Tankönyvkiadó, Budapest, 1968.
3. Karl Luchner: *Aufgaben und Lösungen*. B.I. Hochschultaschenbücher Verlag Mannheim/Zürich 1966.
4. Novobátczy K., Neugebauer T.: *Elektrodinamika II-IV*. Tankönyvkiadó, Budapest, 1951.
5. Simonyi Károly: *Elméleti Villamosságtan*. Tankönyvkiadó, Budapest, 1958.

IX. WIGNER JENŐ ORSZÁGOS FIZIKAI FELADATMEGOLDÓ VERSENY

Sándor-Kerestély Ferenc
Békéscsabai Evangélikus Gimnázium

A Békéscsabai Evangélikus Gimnázium természettudományos munkaközössége 2012. február 24. és 26. között kilencedik alkalommal szervezte meg az evangélikus iskolák Wigner Jenő Országos Fizikai Feladatmegoldó versenyét. A verseny célja a tanulók problémamegoldó képességének fejlesztése, a kísérletezés örömeinek megélése, a mért eredmények feldolgozása, törvényszerűségek megfogalmazása, a fizikatanár kollégák szakmai továbbképzése, a versenyzőknek tartott előadásokkal a tágabb ismeretek megszerzése.

A versenyt az evangélikus, protestáns és határon túli¹ iskoláknak hirdettük meg, amelyen az iskolák évfolyamonként egy-egy versenyzővel vettek részt.

Az első napon a versenyzőket csapatokba sorsoltuk (véletlenszerűen 4 fő/csapat). A csapatok három

¹ A versenyen az evangélikus iskolákon kívül részt vettek a szomszéd megyék protestáns iskoláinak (Bethlen Gábor Református Gimnázium – Hódmezővásárhely, Kecskeméti Református Gimnázium, illetve a határon túlról Kárpátaljáról a Nagyberegi Református Gimnázium és a Kolozsvári Református Gimnázium) diákjai.

műhelyfoglalkozáson vettek részt úgy, hogy óránként cseréltek a műhelyek között. Az 1. műhely: fénytán – vezetője *Molnár Miklós*, a 2. műhely: mechanika – vezetője *Berec János* és *Nagy Tibor*; a 3. műhely – vezetője *Jarosievitz Zoltán* voltak.

A második nap a versenyzők három órás feladatmegoldáson vettek részt. Közben a tanár kollégák szakmai továbbképzése zajlott. Ebéd után a dolgozatok javításával egyidőben a diákok és a tanár kollégák részére *Sükösd Csaba*, *Jarosievitz Beáta* (mindketten Budapestről), *Kovács Zoltán* (Kolozsvárról) és *Zombori Ottó* (Szegedről) érdekes előadásai tették izgalmassá a délutánt.

Minden kategóriában nyolc feladattal kellett megbirkózni: az első négy feladat 11-11 pontot, az 5–8. feladat (tesztkérdések) helyes megoldása 4-4 pontot ért (helyes válaszonként 1-1 pont), azaz maximálisan 60 pontot lehetett elérni a rendelkezésre álló 180 perc alatt. A feladatokat *Molnár Miklós* és *Varga Zsuzsanna*, a Szegedi Tudományegyetem tanárai állították össze.

Az alábbiakban a számolásos, kísérleti feladatok szövegét közöljük. A megoldások és a tesztkérdések a verseny honlapján² megtalálhatók.

A számolásos feladatok

9. osztály: Mechanika

1. Egy kisméretű test k kerületű körpályán mozog. Az alábbi táblázatban feltüntettük a test sebességét egyenlő időközönként a megtett s_w út (ív hossz) függvényében:

s_w	0	0,125k	0,233k	0,325k	0,4k	0,458k	0,5k
v	v_0	$7 v_0/8$	$3 v_0/4$	$5 v_0/8$	$v_0/2$	$3 v_0/8$	$v_0/4$
t (r. e.)	0	Δt	$2\Delta t$	$3\Delta t$	$4\Delta t$	$5\Delta t$	$6\Delta t$

a) Ábrázold a test sebességét a megtett út függvényében!

b) Milyen mozgást végez a test?

c) A teljes körpálya hány százalékát teszi meg még a test, amíg megáll?

2. Egy hőlégballon 18 km/h sebességgel emelkedik (függőlegesen). Amikor a hőlégballon egy adott magasságban van a talaj felett, a ballon utasa kiejt a ballon kosarából egy testet. A test a kiejtés után 10,5 s elteltével ér a talajra.

a) Milyen magasan volt a hőlégballon a földfelszín fölött abban a pillanatban, amikor a testet az utas kiejtette?

b) Mekkora a test sebessége akkor, amikor a test kidobáskori magasság felénél tartózkodik?

c) Mekkora sebességgel ér a test a talajra?

A légellenállástól tekintünk el, $g = 10 \text{ m/s}^2$.

3. Egy állandó keresztmetszetű, egyenes henger alakú főzőpohárba 9,7 cm magasságig vizet töltünk. Tegyük a vízbe egy keményfából készült golyót! Ekkor a vízszint a főzőpohárban 11,6 cm magasban áll. Ezután egy nagyon vékony fémtű segítségével a golyót teljesen a víz felszíne alá nyomjuk. Most a főzőpohárbeli vízszint 12,2 cm magasságban áll be.

Mekkora a golyó sűrűsége? (A víz sűrűsége 1000 kg/m^3 .)

4. Egy kis méretű, hasáb alakú testet húzunk vízszintes talajon. A test tömege $m = 2 \text{ kg}$. Ha a testet a talajjal párhuzamos erővel, egyenletesen húzzuk, akkor a mozgáshoz szükséges erő nagysága 2 N .

a) Mekkora gyorsulással mozog a testet, ha a testet egy, a vízszintessel 30° -os szöget bezáró, állandó nagyságú $F = 5 \text{ N}$ -os erővel húzzuk? ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

b) Mekkora munkát végez a súrlódási erő $1,4 \text{ m}$ nagyságú úton az 5 N -os húzóerő esetén?

c) Mekkora munkát végez az $1,4 \text{ m}$ -es elmozdulás során a testre ható gravitációs erő?

10. osztály: Hőtán

1. $3,5 \text{ g}$ tömegű ideális gáz hőmérséklete a C állapotban 127°C . Táblázatba foglaltuk a gáz öt állapotában a gáz nyomását és a hozzá tartozó térfogatát.

az állapot jele	A	B	C	D	E
V (liter)	9,7	29,15	193,9	581,6	969,7
p (10^3 Pa)	600	200	30	10	6

a) Milyen gázzal lehet szó?

b) Ábrázold a gáz nyomását a térfogat függvényében!

c) A grafikon alapján milyen állapotváltozást valószínűsíthetsz? Igazold állításodat számítással vagy grafikusán!

d) Mennyi a gáz belső energiájának változása, miközben a gáz az A állapotból az E állapotba jut?

e) Becsüld meg, hogy mekkora munkát végez a gáz, miközben az a D állapotból az E állapotba jut?

2. Egy ember fát fűrészel. A fűrész 75 N nagyságú erővel húzza. A fűrész egyszeri elmozdulásának nagysága 35 cm .

a) Mekkora munkát végez az ember 30 darab farönk elfűrészelése során, ha egy-egy farönköt 120 húzással tud elvágni?

b) Mekkora hőmérsékletű volt kezdetben az a $0,5 \text{ l}$ térfogatú, végállapotában 60°C hőmérsékletű víz, ha annak belső energiája annyival növekedett, mint amekkora az ember munkavégzése volt a fűrészelés során? (A víz fajhője $4200 \text{ J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$.)

3. Előfordul, hogy a tengeráramlatok az Északi sark felől nagy jéghegyeket hoznak magukkal délre. Legyen egy ilyen jéghegy 120 km hosszú, 35 km széles, 230 m vastag, hőmérséklete 0°C .

² <http://begart.hu/index.php/hirek/528-ix-wigner-jeno-oroszagos-fizika-feladatmegoldo-verseny>

a) Mennyi hő szükséges a jéghegy megolvasztásához? A jég sűrűsége 917 kg/m^3 .

b) Magyarország villamosenergia-termelése 2011-ben $36,266 \text{ TWh}$ volt. Ha minden évben ezt az energiát teljesen a jéghegy olvasztására fordítanánk hány év alatt olvadna föl a jéghegy?

4. Egy hengeres edényben, amely 2 dm^2 alapterületű, 10 cm magasan $100 \text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletű víz van. A víz tetején a felszínnel érintkező, könnyen elmozduló és súlytalan dugattyú van. A vizet forralni kezdjük.

a) Mennyi víz forrott el, ha a dugattyú 30 cm-t emelkedett?

b) Mennyi hőt vett fel a rendszer?

(A víz sűrűsége $100 \text{ }^\circ\text{C-on}$ 958 kg/m^3 , a vízgőz sűrűsége $0,958 \text{ kg/m}^3$.)

11. osztály:

1. Az 1200 ohm os tolóellenállást feszültségosztóként alkalmazzuk. A tolóellenállás két kivezetésére 12 V nagyságú feszültségforrást kötünk. A tolóellenállás bal oldali csatlakozója és a csúszka közé egy R_x ellenállást kötünk. Egy ideális feszültségmérővel mérjük az ezen ellenálláson eső U_x feszültséget. Táblázatba foglaltuk a tolóellenállás bal oldali vége és a csúszka közötti R_{be} ellenállásrész értékének függvényében az R_x ellenálláson eső U_x feszültséget.

$R_{be} (\Omega)$	100	300	500	700	900	1100
$U_x (\text{V})$	0,686	1,412	2,034	2,847	4,235	7,543

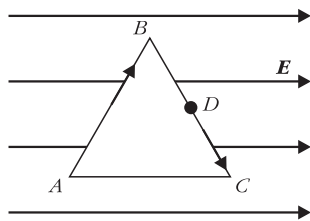
a) Készítsd el a kapcsolási rajzot!

b) Ábrázold a táblázatbeli értékpárokat egy koordináta-rendszerben!

c) Határozd meg az R_x ellenállás értékét!

d) Mekkora feszültséget mutat a feszültségmérő, ha $R_{be} = 600 \Omega$?

2. Homogén elektromos mezőben egy elhanyagolható tömegű, $50 \mu\text{C}$ nagyságú pozitív töltés $0,06 \text{ J}$ munka árán jut el egy 6 cm oldalhosszúságú, egyenlő oldalú háromszög AB , BC oldalai mentén A -ból C -be. (Az AC oldal párhuzamos a térerősségvonalakkal.)



a) Mekkora a mező térerősségének nagysága?

b) Mekkora a C pont potenciálja az A pontéhoz képest?

c) Mekkora munka árán jut el a töltés az A pontból az ABD úton a BC oldal D felezőpontjába?

3. Nagy kiterjedésű, függőleges helyzetű vezető síklapok egymástól 30 cm távolságra vannak. A lapok között 10 cm hosszú fonálon 1 g tömegű, töltött test függ. A síklapok között a feszültség 6000 V , a kis test

töltése $5 \cdot 10^{-7} \text{ C}$. A lapokra merőleges pályasíkbán a kis testet körmozgásba hozzuk. A legelső helyzetben a test sebessége 5 m/s . ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

a) Mekkora a test sebessége a legfelső helyzetben?

b) Mekkora a test maximális sebessége?

c) Mekkora a test minimális sebessége?

d) Mekkora a fonálban ébredő erő a minimális sebesség helyzetében?

4. Egy autóakkumulátort töltés céljából 13 V elektromotoros erejű és $0,09 \Omega$ belső ellenállású töltőre kapcsolunk. Az akkumulátor belső ellenállása $0,01 \Omega$, elektromotoros ereje 12 V .

a) Mekkora a töltőáram?

b) Mennyi a töltő által leadott teljesítmény?

c) Mekkora az akkumulátor töltésére fordított teljesítmény?

12. osztály

1. Transzmissziós (diffrakciós) optikai rács rácsállandóját akarjuk meghatározni egy mérőszorozat alapján. Egy $668,9 \text{ nm}$ hullámhosszúságú fényt kibocsátó diódalézerrel világítjuk meg a rácsot. Az elhajlási képet a rácsról L távolságra elhelyezett ernyőn fogjuk fel. MÉRJÜK a direkt sugár fényfoltjától jobbra, illetve balra létrejövő első elhajlási maximumok y távolságát. A táblázatban feltüntetjük az összetartozó L és y értékpárokat.

$L (\text{cm})$	20	25	30	35	40	45	50
$y (\text{cm})$	5,39	6,74	8,11	9,46	10,78	12,16	13,51

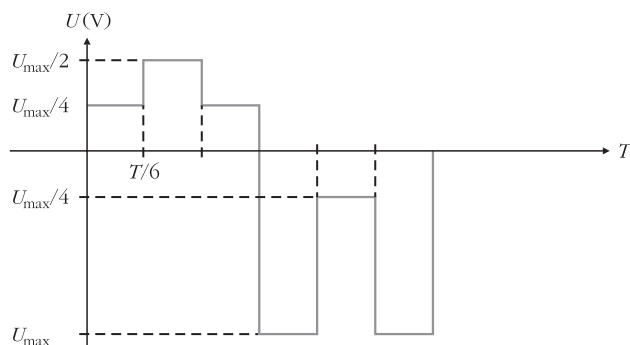
a) Mekkora adódik a mérőszorozat alapján a rács rácsállandója?

b) Hány karcolás (vonal) található milliméterenként a rácsra?

c) Mekkora a távolság az ernyőn a direkt sugár fényfoltja és a jobbra létrejövő első elhajlási maximum között 60 cm-es ernyő-rács távolság esetén?

2. Az alábbi ábra egy speciális alakú váltakozó feszültség időbeli lefolyását mutatja. Ezt a váltakozó feszültséget egy 200Ω -os ellenállásra kapcsoljuk.

Határozd meg az ellenálláson 48 perc alatt termelődött hő nagyságát! A feszültség maximális értéke 230 V , a periódusidő $0,018 \text{ s}$ (csak az első teljes periódust tüntettük fel az ábrán).



3. Kör keresztmetszetű hengeres vasmagot egy kör alakú vezetőkeret vesz körül, amelynek átmérője csak igen kevésbé nagyobb a vasmag átmérőjénél. A vezetőkeret 0,3 mm sugarú, $1,75 \cdot 10^{-8} \Omega$ fajlagos ellenállású huzalból készült. A vezetőkeret átmérője 15 cm. A vasmagban a fluxus egyenletesen változik. A vezetőben 10 A erősségű áram keletkezik.

a) Hány wéber a mágneses fluxus megváltozása 5 másodperc alatt?

b) Mennyi hő fejlődik a keretben 0,15 perc alatt?

4. A tórium-232 izotóp 3,98 MeV-os alfa-sugárzást bocsát ki. A felezési ideje $1,4 \cdot 10^{10}$ év. Egy kaloriméterbe, amelynek a hőkapacitása $5 \text{ J/}^\circ\text{C}$, bizonyos mennyiségű ilyen tóriumot helyeztünk.

Mekkora volt a tórium-izotóp mennyisége, ha a kaloriméter hőmérséklete 20 óra alatt $0,3 \text{ }^\circ\text{C}$ -kal emelkedett? (Számításaid során használhatod a $2^{-x} \approx 1 - x \cdot \ln 2$ közelítést!)

A győztesek és köszönetnyilvánítás

Az egyes évfolyamok győztesei, iskolai és a diákokat felkészítő fizikatanárok a következők:

A 9. osztályosok versenyében 1. helyezett lett *Csáthó Botond*, a debreceni Dóczy Református Gimnázium tanulója, felkészítő tanára *Tófalusi Péter*.

A 10. osztályosok versenyét *Kacz Dániel* (Bonyhád, Petőfi Sándor Evangélikus Gimnázium, *Wiandt Péter*) nyerte meg.

A 11. osztályosok kategóriájának győztese *Takács Gábor* (Bonyhád, Petőfi Sándor Evangélikus Gimnázium, *Wiandt Péter*).

A 12. osztályosok között győzött *Ercsey Tamás* (Hódmezővásárhely, Bethlen Gábor Református Gimnázium, *Nagy Tibor*).

Köszönet illeti a felkészítő tanárokat, akik – időt, energiát nem kímélve – elhozták a diákokat a versenyre.

A verseny lebonyolításában az alábbi kollégák vettek részt: *Hevesi Krisztina*, *Vozár Andrea*, *Balog László* és *Fekete Ilona Fazekas Attiláné*, akiknek munkáját külön köszönjük.

A verseny támogatását köszönjük az Országos Evangélikus Egyháznak és az iskola vezetőségének.

A verseny elérte kitűzött célját. A kísérletet elvégzése, a problémamegoldás adhatja azt a többletet, ami karöltve a fizika iránti elkötelezettséggel a pályaválasztásban nyújthat segítséget.

DEMONSTRÁCIÓS MECHANIKAI MÉRÉSEK DIGITÁLIS TECHNOLÓGIÁVAL

Pál Mihály

Bocskai István Gimnázium, Szerencs

Néhány évvel ezelőtt *Szakmány Tibor* és *Papp Katalin* cikke keltette fel figyelmemet, amelyben a digitális fényképezőgép tanórai alkalmazását mutatták be. Kipróbáltam és továbbgondoltam a lehetőségeket annak érdekében, hogy demonstrációs órai mérést végezhessünk, de mindenképp egy tanóra alatt. Ennek eredményeit szeretném itt megosztani.

A mérés eszközei

Sok próbálgatás után a következő eszközöket használtam demonstrációs mechanikai mérésre: digitális fényképezőgép, számítógép, projektor. Az eszközválasztásban három szempont játszott fő szerepet:

- gyors elvégezhetőség
- látványos legyen
- be tudjam vonni a mérésbe a diákokat

Gyors elvégezhetőség

A mérés nem veheti el a tanóra nagy részét, mert ezt a tananyag mennyisége nem engedi meg. A gyakorló tanárok tudják: nem bízhatjuk csak a diákság szorgalmára (és érdeklődésére), hogy a bevezetett fogalma-

kat, összefüggéseket otthon maguktól megértsék és alkalmazzák, ezért a tanórai idő kincs. Több publikáció is található már az interneten, amelyben digitális fényképezőgép segítségével elemeznek mozgásokat. Úgy látom, ezek közös gyökere a Dede-Isza-féle, a középiskola 2. évfolyamára írt fizikakönyv. Ebben a szerzők a mozgásokat stroboszkópos felvételeken keresztül elemzik. Az akkori fényképezési technológiát jól kihasználták, de a módszer hátránya, hogy nem lehet a kísérlet után rögtön vizsgálni a felvételeket. A már említett dolgozatokban reprodukálni igyekeznek a stroboszkópos felvételeket, mégpedig oly módon, hogy képszerkesztő programok segítségével egy kép-pé szerkesztik a digitálisan felvett videó képkockáit. Ez a szerzők szerint is több órát vehet igénybe, nem lehet a felvételt ugyanazon az órán kiértékelni. Ezért próbálkoztam az alább bemutatandó módszerrel.

Látvány

A látványosságon nem a cirkuszi show-t értem, hanem a korosztály számára megszokott és elvárt vizuális technológia alkalmazását. Tapasztalataim szerint nem lehet sikert elérni a taneszközpiacon elterjedt apró, az iskolapadból alig látható műanyag műtűrők-