den mérési hibát összeadunk, az így kialakuló összes hiba nem lépné túl a 2%-ot. Az itt keletkezett hiba, azonban, ennél *sokszorosan nagyobb,* ennek *csak konstrukciós oka* lehet.

• A ferromágneses anyagok jelenlétét közvetlenül bizonyítottuk, amikor egy diódát a konstrukciós adatok meghatározása érdekében *finoman feltörtünk* és alkatrészeit a mágnes *erősen vonzotta.*

• Kísérletileg is ellenőriztük, hogy az elektroncső belsejében vannak *ferromágneses alkatrészek.* Itt nem mutattam be, de a diákok elvégzik azt az egyszerű kísérletet, amelynek során a kikapcsolt tekercset finoman megemelve, bekapcsolják a maximális áramot. Ilyenkor a diódában található ferromágneses alkatrészek miatt a cső érezhetően „megrántja” a tekercset. Tehát a diódában ferromágneses anyagok vannak, a kialakult mágneses tér nem lehet homogén és helyenként jóval erősebb a kiszámítottnál. A mi esetünkben *az elképzelt kör alakú pályáknak nincs semmilyen valóságalapja.*

• A *tekercs túl rövid,* ezért az általa keltett mágneses tér elfogadhatóan homogén része jóval rövidebb a katódnál, így nem elégséges a tér hosszanti homogenitása. A dióda közepén a tér erősebb, tehát hamarabb létrejön az anódáram letörése. A szélek felé ez a jelenség csak nagyobb áramoknál jelentkezik, hiszen az áram letörése szempontjából csak a transzverzális komponensről beszélhetünk. A két görbe különböző letörési meredeksége a vízszintes irányú „nagyításból” származik (nagyobb áramoknál játszódik le az előbbi jelenség). A gyakorlatban sokkal hosszabb tekercset alkalmaznak, ilyenkor az anódáram letörése sokkal meredekebb (mindenütt azonos a transzverzális komponens, azonosak a sebességek, tehát az elektronok egyszerre érik el, vagy egyszerre nem érik el az anódot).

• A gyakorlatban *molibdénből* készült anódot használnak, illetve kerülik a ferromágneses anyagból készült katódot és belső tartószerkezeteket. Az anód átmérője jóval nagyobb, tehát pontosabb a pálya, nagyobb gyorsító feszültségeket alkalmaznak, így a termikus elektronok kilépési sebessége kevésbé befolyásolja az elektronpálya kialakulását.

• *A kísérlet csak a mérési módszer elvének bemutatására szolgált,* igazi hozadéka, hogy rávilágított a konstrukciós hiba megkeresésének szükségességére és lehetőségére.

JUBILEUMI FIZIKAVERSENY A KAZINCBARCIKAI SÁGVÁRI GIMNÁZIUMBAN

Petróczi Gábor
Ságvári Endre Gimnázium

Az idén március 4–5-én rendezték meg a Nagy László Fizikaversenyt a kazincbarcikai Ságvári Endre Gimnáziumban. A nagy hagyományokkal rendelkező, országszerte elismert megmérettetésen a megye nyolc középiskolájának csapata mellett egy debreceni gimnázium is képviseltette magát. Az idei verseny különlegességét az adta, hogy ez volt a Ságvári gimnázium által szervezett jubileumi, huszonötödik rendezvény.

Az első versenynapon a diákoknak tesztfeladatokat és számításos feladatokból álló feladatsorokat kellett megoldaniuk. A teszteket és feladatsorokat *Zsúdel László* nyugdíjas középiskolai tanár, *Nagy László* volt egyetemi tanítványa állította össze, aki a zsűri elnöke is volt. A feladatokból osztályonként egyet-egyet mutatunk be, közöttük Nagy László két eredeti példáját.

Härtlein Károly kísérleti bemutatót tart.

Az első nap délutánján *Härtlein Károly,* a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem mérnöke (képünkön) tartott izgalmas kétórás kísérleti bemutatót, amelynek végén több légkör nyomású levegővel egy ceruzát lőtt át két vastag deszkalapon úgy, hogy a deszkák átlyukasztását követően a ceruza tűhegyes maradt.

A második napon sorra kerülő szóbeli döntőben a csapatoknak magyarázniuk kellett egy-egy bemutatott fizikai jelenséget, illetve mérési feladatot kellett végezniük és elemezniük.

Válogatás a verseny feladatai közül

9. osztály, 3. példa

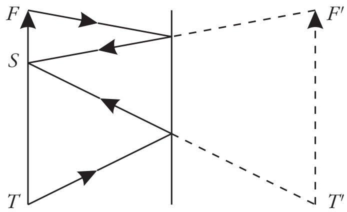
a) Legalább milyen magas legyen a falitükör, hogy tetőtől-talpig lássuk magunkat benne?

b) Milyen magasra kell akasztani a falon?

c) Milyen távol álljunk tőle, hogy teljes testmagasságunkban lássuk magunkat?

Megoldás:

a) A megoldást az *ábrá*ról le lehet olvasni: mivel a fejünk tetejéről (*F* pont) és a talpunkról (*T* pont) is a szemünkbe (*S* pont) kell jutniuk a fénysugaraknak tükörről való visszaverődés után, valamint a beesés szöge és a visszaverődés szöge mindig egyenlő egymással, *a tükör magassága éppen testmagasságunk felével egyenlő.*



b) A tükör teteje a fejtetőnk és a szemünk közötti távolság felezési pontja magasságában kell legyen. Más megfogalmazásban: a talpunk és a szemünk közötti magasságkülönbség felezőpontjában kell lennie a tükör aljának.

c) A tükör távolsága egyáltalán nem befolyásolja a látottakat: bármilyen távolságban lehet tőlünk. Ez csak a beesési (és visszaverődési) szögek nagyságát határozza meg: ha távolabb van a tükör tőlünk, akkor a szögek csökkennek, ha közelebb, akkor a szögek nőnek.

10. osztály, 4. feladat

Egy vonat két megálló között *s* utat tesz meg. Legalább mennyi idő szükséges az út megtételéhez, ha gyorsulása legfeljebb a_1, lassulása pedig legfeljebb a_2? (Nagy László feladata)

Megoldás:

Mivel a legrövidebb menetidőt keressük, megállapíthatjuk, hogy a mozgás csak egyenletesen gyorsuló és lassuló szakaszból áll. Ha közben egyenletes mozgású szakasz is volna, az már növelné a menetidőt.

Indoklás: a fenti állítás legegyszerűbben a sebesség-idő grafikon alapján bizonyítható. Csak gyorsuló és lassuló mozgás esetében a grafikon egy háromszög. Ha a mozgásnak egyenletes szakasza is volna, a grafikon egy trapéz lenne. Ennek szárai, és a háromszög szárai azonos meredekségűek, és a területük, amely a megtett útnak felel meg, is azonos. Ez csak azzal járhat, hogy a trapéz hosszabbik alapja hosszabb, mint a háromszög alapja.

Jelöljük a mozgás maximális sebességét *v*-vel! Mivel

$$\frac{v}{2}t_1 + \frac{v}{2}t_2 = s, \quad \text{ezért} \quad v = \frac{2s}{t_1 + t_2}. \qquad (1)$$

Másrészt:

$$t_1 = \frac{v}{a_1}, \; t_2 = -\frac{v}{a_2}, \quad \text{tehát} \quad t_1 + t_2 = v\left(\frac{1}{a_1} - \frac{1}{a_2}\right). \qquad (2)$$

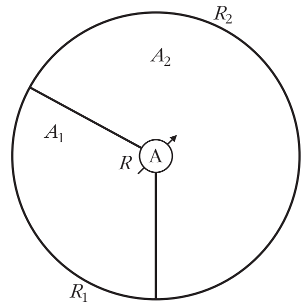
A teljes menetidőt *s*-sel, a_1-gyel és a_2-vel kell kifejeznünk, így az (1) és (2) egyenletekből *v*-t kiküszöbölve:

$$t = t_1 + t_2 = \sqrt{2s\left(\frac{1}{a_1} - \frac{1}{a_2}\right)}\,.$$

Ez a lehető legrövidebb időtartam az *s* távolság megtételére. (a_2 értékét mindig negatív előjellel kell behelyettesíteni!)

11. osztály, 4. feladat

Kör alakú vezetőhurok egyharmad részének ellenállása 5 Ω, kétharmad részéé 2 Ω. A kör területe 0,3 m². A két rész találkozási helyeiről sugárirányú huzalokkal a kör középpontjába kisméretű árammérőt kapcsolunk, amelynek ellenállása 0,5 Ω. A kör síkjára merőleges homogén mágneses indukció az időben egyenletesen változik: $\Delta B/\Delta t$ = 0,4 T/s.



a) Mekkora áramot jelez az árammérő?

b) Az árammérőt végtelen ellenállású voltmérővel cseréljük fel. Mekkora feszültséget jelez?

A mérőműszerek érzéketlenek a külső mágneses térre. (Nagy László feladata)

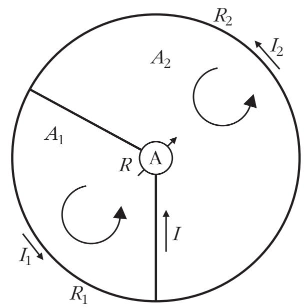
Megoldás:

a) Az A_1 = 0,1 m², illetve az A_2 = 0,2 m² felületű hurkokban indukálódó elektromotoros erők:

$$E_1 = \frac{\Delta B}{\Delta t}A_1 = 0{,}04 \text{ V},$$

illetve

$$E_2 = \frac{\Delta B}{\Delta t}A_2 = 0{,}08 \text{ V}.$$



A huroktörvény szerint a két körben

$$E_1 = I_1 R_1 + I R$$

$$E_2 = I_2 R_2 - I R$$

érvényes. A csomóponti törvény szerint:

$$I + I_2 - I_1 = 0.$$

A három egyenletből álló egyenletrendszer megoldása, ha R_1 = 5 Ω, R_2 = 2 Ω és R = 0,5 Ω:

$$I_1 = \frac{\varepsilon_1 (R + R_2) + \varepsilon_2 R}{R_1 R_2 + R(R_1 + R_2)} = 0{,}0104 \text{ A},$$

$$I_2 = \frac{\varepsilon_2 (R + R_1) + \varepsilon_1 R}{R_1 R_2 + R(R_1 + R_2)} = 0{,}0341 \text{ A},$$

$$I = I_1 - I_2 = \frac{\varepsilon_1 R_2 - \varepsilon_2 R_1}{R_1 R_2 + R(R_1 + R_2)} = -0{,}0237 \text{ A}.$$

Az R = 0,5 Ω belső ellenállású árammérő 23,7 mA erősségű áramot jelez.

b) Ha az árammérő műszer helyébe *R* belső ellenállású voltmérőt helyezünk, akkor az

$$U_R = RI = R\frac{\varepsilon_1 R_2 - \varepsilon_2 R_1}{R_1 R_2 + R(R_1 + R_2)}$$

feszültséget mutat. Ideális voltmérő esetén a fenti feszültségnek *R* végtelenben vett határértéke esetén kapott feszültséget mérhetjük.

Ezt a határértéket a fenti tört számlálójának és nevezőjének *R*-rel való osztásával átalakított alakból

$$\frac{R(\varepsilon_1 R_2 - \varepsilon_2 R_1)}{R_1 R_2 + R(R_1 + R_2)} = \frac{\varepsilon_1 R_2 - \varepsilon_2 R_1}{\frac{R_1 R_2}{R} + R_1 + R_2}$$

könnyen megkaphatjuk:

$$U_R = \frac{\varepsilon_1 R_2 - \varepsilon_2 R_1}{R_1 + R_2} = -0{,}0457 \text{ V}.$$

12. osztály, 4. feladat

A fogászati gyorsan kötő tömőanyagokat fénnyel kell megvilágítani, hogy megszilárduljanak. Az egyik ilyen fényforrásra írva azt találjuk, hogy 440–480 nm hullámhosszúságú fényt bocsát ki. (Azaz ez a fény nem monokromatikus, vagy ha az, akkor csak annyit tudunk, hogy hullámhossza ebbe a tartományba esik.)

a) Milyen színű ez a fény?

b) Tételezzük fel, hogy a tömőanyagban hosszú láncmolekulák találhatók. Becsülje meg ezen láncmolekulák hosszát!

Megoldás:

a) A fény színe kék.

b) Egy λ' hullámhosszúságú fény egy fotonjának energiája

$$\varepsilon = hf = h\frac{c}{\lambda'}.$$

A megkeményedést azzal magyarázhatjuk, hogy a fenti ε energiakvantum felvételével alapállapotból első gerjesztett állapotba jutnak a tömőanyag láncmolekuláinak delokalizált elektronjai, ezzel idézve elő az anyag minőségi változását. A kötőanyagot „alapállapotban” úgy képzelhetjük el, hogy az *a* hosszúságú láncmolekula delokalizált elektronjai egy *a* hosszúságú húron kialakuló állóhullám „alaphangjának”, azaz csomópont nélküli mintázatának állapotában vannak. Ilyenkor

$$l = \frac{\lambda}{2}.$$

Mivel az *m* tömegű részecskének (a delokalizált elektronnak) csak mozgási energiája van, ezért:

$$E_m = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2}\frac{m}{m} m v^2 = \frac{1}{2}\frac{p^2}{m}.$$

A részecske *p* impulzusának négyzete kifejezhető a de Broglie-féle hullámhosszképletből:

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{p}, \quad \text{így} \quad p^2 = \frac{h^2}{\lambda^2}.$$

Tehát az elektron mozgási energiája az állapot állóhullám-mintázatának hullámhossza segítségével:

$$E_m = \frac{1}{2m}\frac{h^2}{\lambda^2}.$$

A $\lambda = 2l$-hez tartozó alapállapoti energia értéke:

$$E_0 = \frac{h^2}{8ml^2}.$$

Első gerjesztett állapotban $\lambda = l$, így ennek energiája:

$$E_1 = \frac{4h^2}{8ml^2}.$$

A tömőanyag megkeményedését az $\varepsilon = hc/\lambda$ energiakvantum felvételével az E_0 alapállapotból az E_1 első gerjesztett állapotba jutó delokalizált elektronok okozzák, az ehhez szükséges ΔE energia:

$$h\frac{c}{\lambda'} = \Delta E = E_1 - E_0 = \frac{3h^2}{8ml^2}.$$

Ebből a láncmolekula *l* hosszára a

$$l = \sqrt{\frac{3h\lambda'}{8mc}}$$

kifejezést kapjuk. Felhasználva, hogy $m = 9{,}1\cdot10^{-31}$ kg, $h = 6{,}63\cdot10^{-34}$ Js és $c = 3\cdot10^8$ m/s, majd behelyettesítve $\lambda' = 440$ nm értéket $l_1 = 6{,}33\cdot10^{-10}$ m, valamint $\lambda' = 480$ nm értéket $l_2 = 6{,}61\cdot10^{-10}$ m adódik. Tehát a láncmolekula hossza a becslés szerint 0,633 nm és 0,661 nm között lehet.

Eredmények

A jubileumi verseny eredményhirdetésén megjelent a verseny névadójának, Nagy Lászlónak özvegye is, aki szép díjakat és okleveleket adott át a kiemelkedően szereplő diákoknak és iskoláknak.

Ebben az esztendőben is a Földes Ferenc Gimnázium vihette haza a legeredményesebb iskolának járó vándorserleget. Második helyen a Herman Ottó Gimnázium csapata végzett, a harmadik helyet pedig a Fráter György Gimnázium versenyzői szerezték meg. A legeredményesebb egyéni versenyzőnek járó serleget *Pázmán Koppány,* a debreceni Dóczy Református Gimnázium 11. évfolyamos versenyzője érdemelte ki. A verseny szponzorainak jóvoltából a zsűri számos különdíjat is odaítélt a kiemelkedő teljesítményt nyújtó versenyzőknek.