Fizikai Szemle 2008/7-8. 267.o.

A VIRTUÁLIS MÉRÉSTECHNIKA KÍSÉRLETI LEHETŐSÉGEI A KÖZOKTATÁSBAN

Kopasz Katalin, Gingl Zoltán, Makra Péter, Papp Katalin
SZTE-TTIK Kísérleti Fizikai Tanszék

"A tudomány akkor kezdődik, amikor elkezdünk mérni,
pontos tudomány mérés nélkül nem lehetséges.
Mengyelejev

A fizika és a többi természettudományos tárgy oktatásában is kiemelt szerepe van a kísérletezésnek, hiszen ez szemlélteti és igazolja a modellek helyességét, segítségünkre van az érvényességi határok megismertetésében, és így fontos kapcsolatot teremt a tananyag és a valódi jelenségek között. A kísérletezés a diákok számára sokkal érthetőbbé, kézzelfoghatóbbá teszi a gyakran bonyolult, nehezen követhető leírást, törvényeket. Ahhoz, hogy az iskolai fizikatanítás az adott szinten visszatükrözze a tudomány jellegzetességeit, az életkorhoz és a tananyaghoz illeszkedő méréseket kell beépítenünk az oktatásba.

A mérőkísérletek jelentősége megnövekedett az új rendszerű és szellemű érettségi követelmények bevezetésével, amelyekben ez áll:

A vizsgázónak a követelményrendszerben és a vizsgaleírásban meghatározott módon az alábbi kompetenciák meglétét kell bizonyítania:

- ismeretei összekapcsolása a mindennapokban tapasztalt jelenségekkel, a technikai eszközök működésével;
- egyszerűen lefolytatható fizikai kísérletek elvégzése, a kísérleti tapasztalatok kiértékelése;
- grafikonok, ábrák értékelése, elemzése;
- a napjainkban felmerülő, fizikai ismereteket is igénylő problémák lényegének megértése, a természet- és környezetvédelemmel kapcsolatos problémák felismerése.

Az emelt szintű fizika érettségi vizsgán ezen túlmenően az alábbi kompetencia is szükséges:

- a mindennapi életet befolyásoló fizikai természetű jelenségek értelmezése. [1]

A fizika tanításában a kísérletek között szerepelniük kell mérőkísérleteknek is. Az iskolai tanításban a kísérleti eszközök gyakran elavultak és a mérésekhez tartozó műszerek sem korszerűek. A modern eszközök lehetőség szerinti bevonása a tanórába elengedhetetlen. Ugyanakkor a szűkülő finanszírozás, a korlátozott anyagi lehetőségek miatt utópisztikus az az elképzelés, hogy taneszközgyártótól rendelt készletek segítségével valósítsák meg a méréseket az iskolákban.

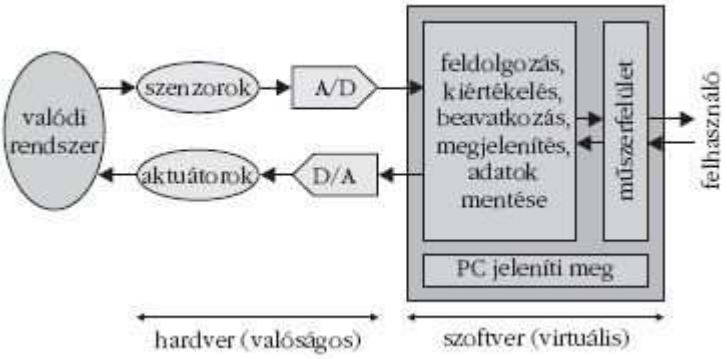
Szimulációk, animációk bemutatásához a tanárok egyre gyakrabban vesznek igénybe számítógépet. Részben, mert a fizikatanításnak feladata a modern eszközök, mérési eljárások megismertetése a tanulókkal, ugyanakkor a számítógép motiváló hatása is jól kiaknázható a számítógépes méréseket alkalmazó tanítás során.

A mai informatikai lehetőségek és a hozzájuk kapcsolódó digitális technika segítségével azonban egyszerűen tehetjük igen hatékonnyá a kísérletező oktatást: használjunk virtuális méréstechnikát! Ismeretével lehetőség nyílik arra, hogy kevés anyagi ráfordítással a tananyag bármely területéhez kapcsolódva mutassunk be valódi kísérleteket, amelyeknél a mérés és kiértékelés számítógép segítségével történik. Közben a tanulók megismerik a szenzorok működését, és ízelítőt kapnak a fizikusok munkájából is.

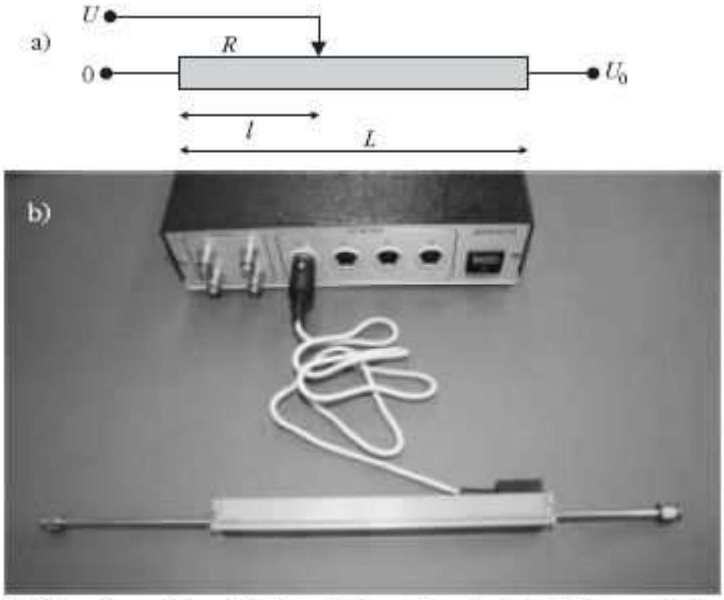
A virtuális méréstechnika lényege, hogy a valódi jeleket (elmozdulás, hőmérséklet, nyomás stb.) szenzorok segítségével elektromos jelekké, majd digitális technika alkalmazásával számokká alakítjuk, így a méréshez kapcsolódó feldolgozás, megjelenítés és más műszerfunkciók már számítógéppel, szoftverekkel végezhetők el [2]. Ilyen módon a valódi méréseket végző műszer szoftveresen realizálható, innen ered a virtuális méréstechnika elnevezés.

A megvalósításhoz szükséges számítógép minden iskolában jelen van. A szenzorokat könnyen és aránylag olcsón be lehet szerezni. A hiányzó láncszem a számítógép és az érzékelők kapcsolatát megvalósító analóg- digitális konverziót elvégző adatgyűjtő műszer és a mérő szoftver (*1. ábra*). A közoktatás számára jelenleg elérhető számítógépes mérőrendszerekhez képest ezt töredékáron meg lehet valósítani, számítógéphez kapcsolásához pedig mindössze egy USB-csatlakozó szükséges. A virtuális műszer működése könnyen átlátható, kevésbé hasonlít fekete dobozhoz, mint az általában használt digitális eszközök.

1. ábra. A virtuális műszer elvi felépítése



Virtuális műszerek korábban is készültek LabVIEW fejlesztői környezetben, ez azonban meglehetősen költséges. Az alábbiakban bemutatandó műszerekhez C# forráskódot használtunk. A gyorsan megtanulható nyelv előnye, hogy ingyenesen hozzáférhető, és kevés gyakorlás után is képesek lehetünk grafikus felületeken mérőprogramokat készíteni, az elkészült programokból akár megosztható gyűjteményt is készíthetünk. Az iskolai gyakorlatban előforduló számítógépes mérésekkel ellentétben a felhasználók magyar nyelvű programokkal találkoznak, ami megkönnyíti a tanórai felhasználásukat.



2. ábra. Hosszúságmérés feszültségosztással: a feszültségosztó vázlatos rajza (a), valamint a feszültségosztó és az analóg-digitális konverziót végző eszköz (b).

Informatika és elektronika iránt érdeklődő tanárok kezében a fejleszthető kísérletek határait csak az idő és a beszerezhető szenzorok szabják meg. Ugyanakkor a fejlesztői környezet a programok fordításakor *.exe* kiterjesztésű fájlokat is készít, amelyeket a jól megszokott módon lehet használni, így a számítástechnikában kevésbé járatos tanárok is bátran felhasználhatják ezeket óráikon.

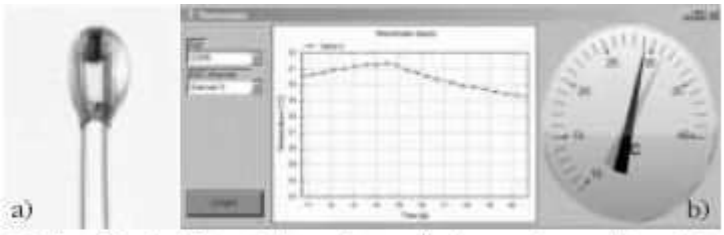
Az alábbiakban a Szegedi Tudományegyetem Kísérleti Fizikai Tanszékén fejlesztett eszközökből, kísérletekből mutatunk be néhányat, amellyel illusztráljuk a fentebb említett módszer hatékonyságát.

Hosszúságmérés feszültségosztással

A változtatható értékű ellenállásoknál az ellenállás két vége között egy elmozdítható érintkező (csúszka) található, melynek helyzetétől függ a potenciométer vége és a csúszka közötti ellenállás (2. ábra). A csúszka helyzetének függvényében a mért feszültség értéke is változik [3].

$$R = l\frac{R_0}{L}, \qquad U = l\frac{U_0}{L},$$

ahol L a csúszka teljes hossza, l a pillanatnyi helyzete, U a mért feszültség, U0 az adatgyűjtő által küldött feszültség. A mérőprogram a feszültségértékből kiszámítja a csúszka helyzetét. Mérés folyamán az értékek számszerű megjelenítése mellett grafikus szemléltetés is segíti a munkát. Viszonylagos egyszerűsége miatt alkalmas arra, hogy használatával megismerkedjünk a rendszer működésével és a kiaknázható lehetőségekkel.



3. ábra. Hőmérsékletmérés termisztorral: a) a termisztor, b) a mérés során a hőmérséklet-idő grafikon mellett a mérőórán a pillanatnyi értéket és az aktuális mérés során elért maximumát láthatjuk.

Hőmérsékletmérés termisztorral

Speciális célokra különleges, hőmérsékletfüggő ellenállások készülnek. Az NTK (negatív temperatura koefficiensű) termisztorok (*3.a ábra*) ellenállása a hőmérséklet növekedésével exponenciálisan csökken a következők szerint:

$$R_T = R_{25} \exp\left(B\left[\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{25}}\right]\right),$$

ahol R_{25} a 25 °C-os hőmérséklethez tartozó ellenállás, B a termisztorra jellemző érték (táblázatból kikereshető) T pedig abszolút hőmérsékletet jelent (T_{25} = 278 K). Így a hőmérséklet a következő formulából számolható:

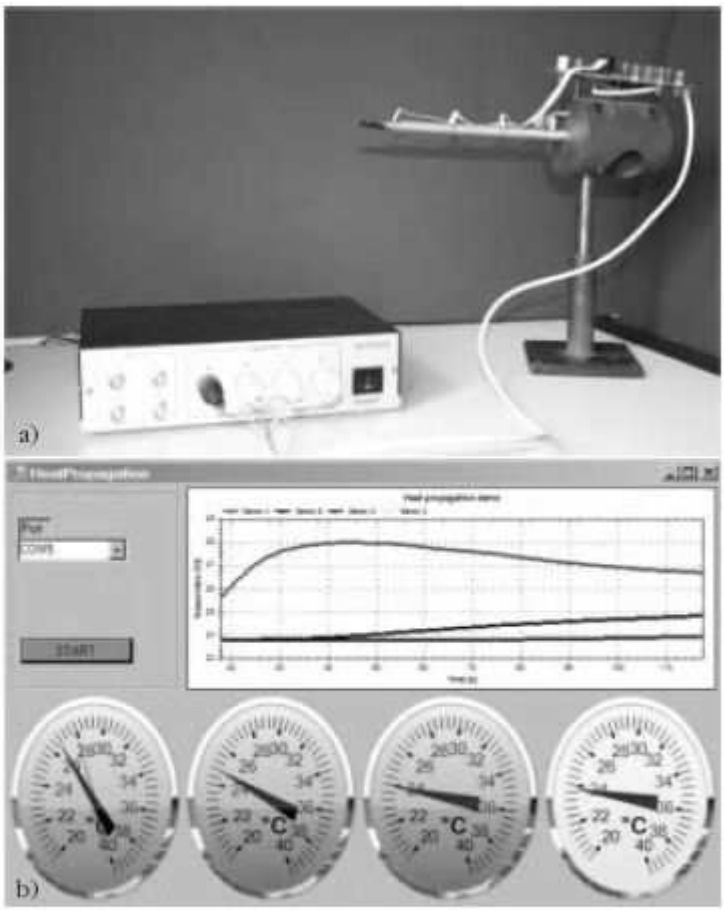
$$T = \frac{1}{a_0 + a_1 \ln \frac{R}{R_{25}}},$$

ahol a_0 és a_1 a termisztorra jellemző értékek. A ter- misztorok nagy érzékenységűek, a mérendő ellenállás kΩ nagyságrendű, így könnyű velük mérni a -40 °C és +115 °C közötti tartományban, a kereskedelemben készen és olcsón kaphatók [3].

A virtuális műszer kijelzőjén (a monitoron) a hőmérséklet- idő grafikon látható; mellette megjelenik egy mérőóra, amely a pillanatnyi hőmérsékletérték mellett jelzi az aktuális mérés során elért maximumot (*3.b ábra*).

Hőterjedés vizsgálata

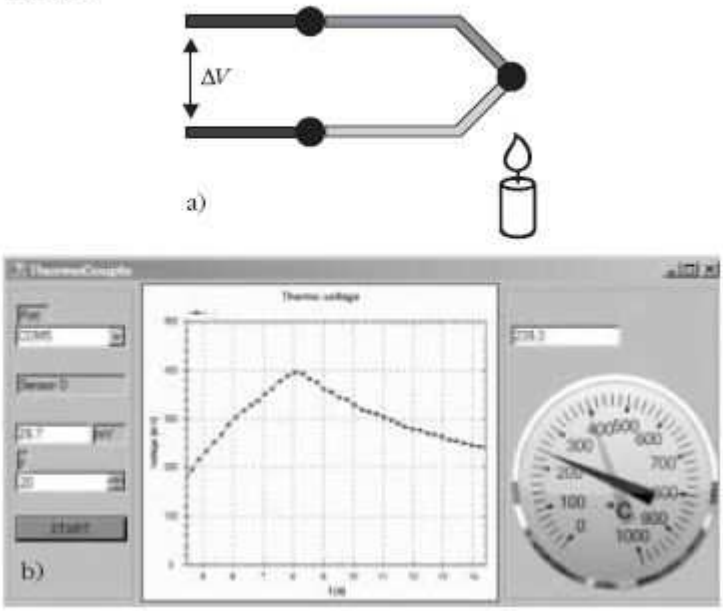
Egy fémrudat nagy tömegű fémtömbbe (hőtartály) illesztünk. A rúd mentén egyenközűen termisztoros hőmérsékletszenzorokat helyezünk el (*4.a ábra*). A fémrúd szabad végét melegítsük rövid ideig nyílt lánggal, és mérjük a hőmérsékletet az idő függvényében!



4. ábra. Hőterjedés vizsgálata: fémrúd mentén egyenletes távolságokra elhelyezett termisztorok, valamint az analóg-digitális konverziót végző eszköz (a). A hőterjedés vizsgálata során a mérőórákon az egyes termisztorok pillanatnyi hőmérsékletét láthatjuk, a hőmérséklet-idő grafikonon pedig a termikus hullám terjedése figyelhető meg (b).

Virtuális műszerünk (*4.b ábra*) segítségével követhetjük a termikus hullám terjedését. A hőmérséklet-idő grafikonon mind a négy termisztor hőmérséklet-változása nyomon követhető; az egyes termisztorokhoz kapcsolt mérőórákon pedig megfigyelhetjük az egyes pontok hőmérsékletének maximumát, mivel ezeket az adott mérés során az órák megőrzik.

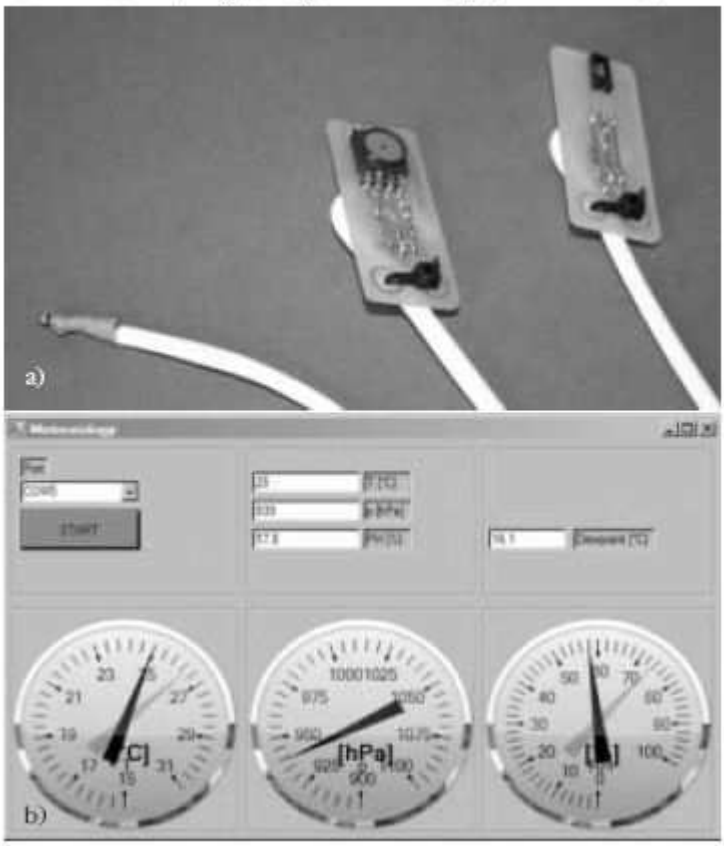
5. ábra. Termoelem működésének elvi vázlata (a). A feszültség-idő grafikon a keletkező termofeszültséget ábrázolja, miközben a mérőóra a pillanatnyi hőmérsékletet (és a hőmérséklet maximumát) mutatja (b).



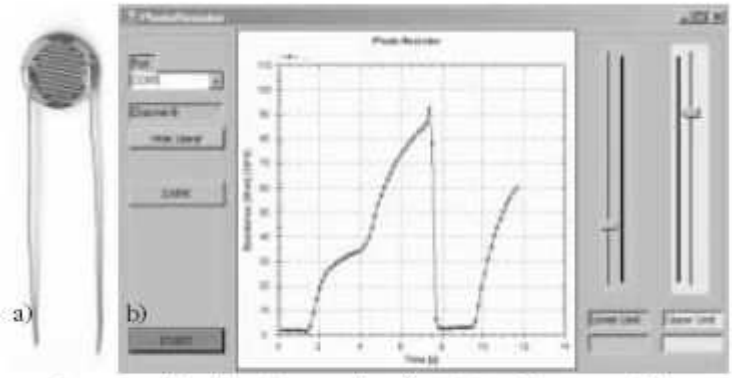
Termoelem működésének bemutatása

A termoelemek két különböző anyagú, egyik végükön összeforrasztott (összehegesztett, esetleg csak erősen összecsavart) drótból állnak. Az érintkezési pont a termoelem úgynevezett érzékelőpontja. Ha a szabadon maradt két huzalvéget galvanométerhez vagy digitális feszültségmérő műszerhez csatlakoztatjuk, majd a fémesen érintkező drótvégeket (az érzékelő pontot) megmelegítjük, a műszer feszültséget jelez (*5.a ábra*). A jelzett termofeszültség hőmérsékletfüggő. A szenzor érzékenysége 10-40 µV/K, ugyanakkor széles hőmérsékleti tartományban alkalmazható: a -100 °C és +1000 °C közötti intervallumon mérhetünk vele.

6. ábra. Meteorológiai állomás: a felhasznált szenzorok: termisztor, nyomásszenzor és páratartalom-mérő (a). Párhuzamosan mérhetjük a hőmérsékletet, a légköri nyomást és levegő páratartalmát (b).



A digitális jelet feldolgozva nyomon követhetjük a feszültség és a hőmérséklet időbeli változását (*5.b ábra*), előbbit a grafikonon, utóbbit pedig a mérőórán.



7. ábra. Fotoellenállás (a). Az ellenállás-idő grafikon szemlélteti az ellenállás értékének változását, például ha mérés közben letakarjuk a szenzort (b).

Meteorológiai állomás

Könnyedén készíthetünk olyan eszközt is, ami nem csak a fizikaórákon használható. Földrajztanítás során is bemutatható az időjárás-állomás, amelyhez termisztor, nyomásérzékelő és páratartalom-érzékelő (*6.a ábra*) szükséges. Az eszközzel a közvetlen környezetet vizsgáljuk, ezzel fokozott motiváló hatást érhetünk el, csökkenthetjük a gyermekek tudatában meglévő távolságot az iskolai tananyag és a hétköznapi valóság között.

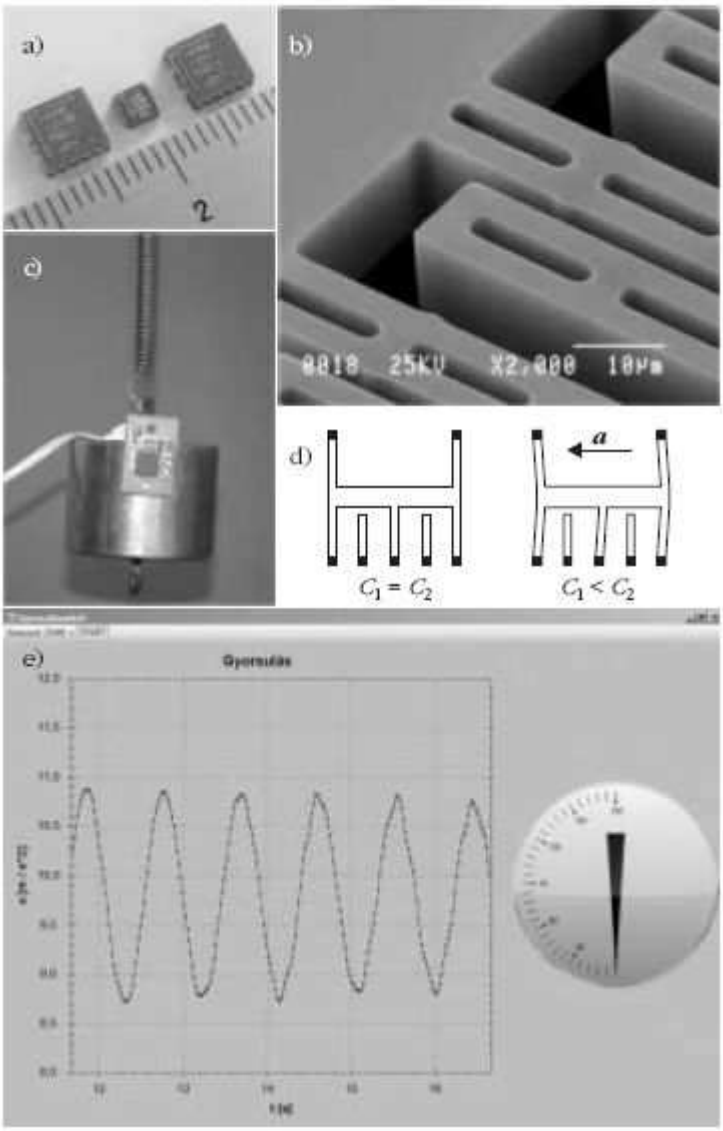
Mérés közben a monitoron folyamatosan megfigyelhető a hőmérséklet, a légnyomás és a

páratartalom pillanatnyi értéke (6.b ábra).

Fotoellenállás vizsgálata

A fotoellenállás olyan félvezetőből készült eszköz, amely alkalmas a fény érzékelésére (7.a ábra). A beeső fény változtatja az ellenállás értékét, a változás elektromos jellé alakítható.

8. ábra. Gyorsulásszenzor (a), annak elektronmikroszkópos képe (b), felépítése és működésének elve (d), valamint a rugón rezgő test a ráerősített szenzorral (c). A virtuális műszeren kirajzolódó szinuszgörbe a kitérés-idő grafikon; a mérőórán a gyorsulásszenzor függőleges irányhoz viszonyított kitérése látható, fokokban mérve (e).



A mérés során ellenállás-idő grafikont vehetünk fel (7.b ábra), amelyen jól látszanak a változások, például, ha mérés közben változik a megvilágító fény intenzitása. Műszerünk lehetőséget ad arra, hogy az ellenállás értékének alsó és felső határt állítsunk be. Ha a megadott intervallumon kívül esik a mért érték, akkor a program ezt egy □világos□/□sötét□ gomb megjelenítésével jelzi.

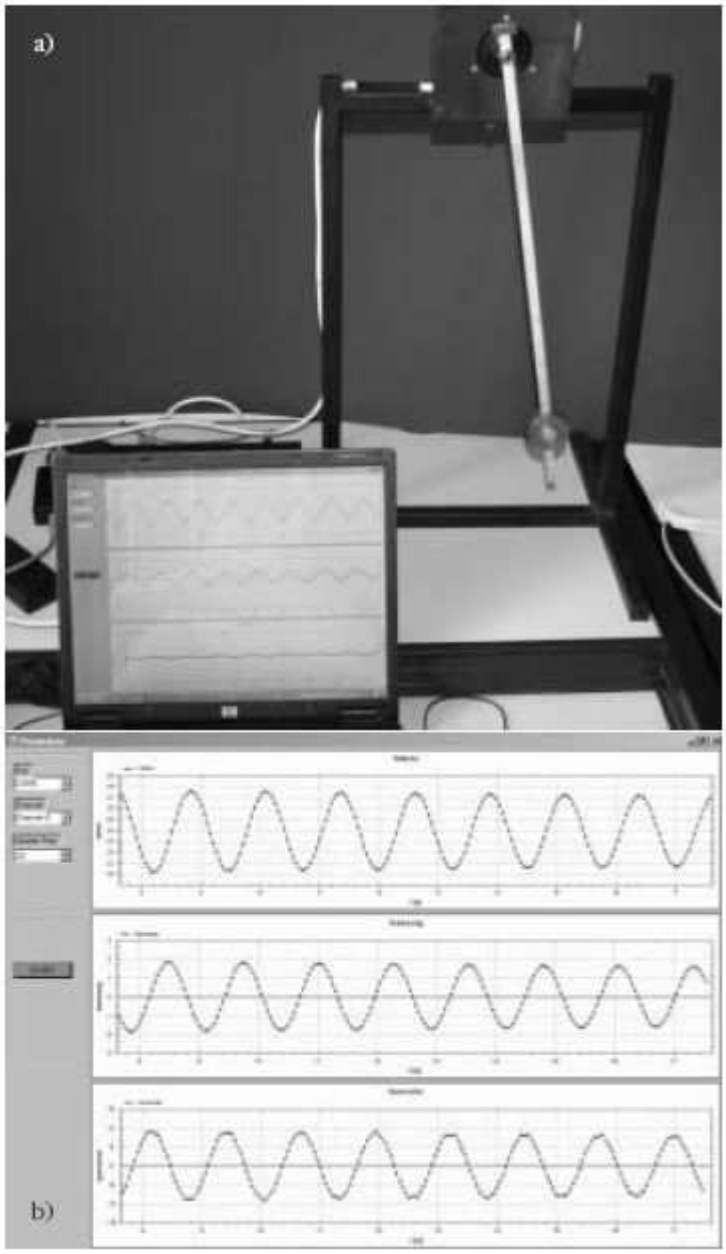
Rugón rezgő test mozgásának kvantitatív vizsgálata gyorsulásmérő segítségével

A gyorsulásmérő (8.a ábra) alapelve egy rugóra erősített, szeizmikus tömeg (8.c ábra) elmozdulásának elektromos jellé alakítása. Kapacitív érzékelés esetén a tömeggel szemben egy síklap található; a tömeg alja és a síklap egy kondenzátor két fegyverzetét alkotják (8.b, d ábra),

amelynek kapacitása függ a fegyverzetek távolságától.

Ha a kitérés pontosan függőleges, akkor a kitérés-idő függvény szinuszos; oldalirányú mozgáskomponensek esetén megfigyelhető a csatolás a rezgés és az ingaszerű lengés között. A monitoron a gyorsulás-idő grafikon melletti mérőórán nyomon követhető a rezgő test mozgásának eltérése a függőleges iránytól (*8.e ábra*).

9. ábra. Inga lengésének tanulmányozása (a), a program rendre kirajzolja a kitérés-idő, sebesség-idő, gyorsulás-idő grafikonokat (b).



Ingamozgás tanulmányozása

Az ingához könnyű mozgású forgó-potenciométert illesztve az elfordulás változó feszültségosztást eredményez (*9.a ábra*). Ezzel a szögmérést feszültségmérésre vezettük vissza. A számítógép képernyőjén (*9.b ábra*) a mérési adatok alapján megjelenített kitérésidő függvényen túl a sebesség-idő és a gyorsulás-idő grafikon is kirajzoltatható (numerikus deriválás alkalmazásával). A módszer segítségével gyorsan kapunk pontos adatokat, amelyek az ingamozgás tulajdonságainak vizsgálatát megkönnyítik.

<>

Az elkészült kísérleti eszközök alkalmasak arra, hogy tanári mérőkísérletként, csoportos tanulói kísérletként, vagy igényes mérési gyakorlaton használjuk fel az órákon, szakkörökön. Alkalmazásukkal a kevésbé motivált diákok érdeklődését is felkelthetjük a fizika iránt, az egyre csökkenő tanítási időben is valódi kísérletet mutathatunk be szimuláció helyett. A kiemelkedő képességű tanulókat a kísérletek továbbfejlesztésébe is bevonhatjuk.

A virtuális méréstechnika alkalmazásával lehetőség nyílik a természettudományos tanári munkaközösség és az informatikát tanító tanárok együttműködésére is. Az érdeklődő diákok maguk is fejleszthetik a kísérleteket, ezáltal összekapcsolhatják a különböző tanórákon megszerzett tudásukat.

A virtuális méréstechnikát alkalmazó, kísérletező tanár az alábbi kompetencia-elvárásoknak is megfelel:

- azoknak a kompetenciáknak a fejlesztése a tanulókban/ hallgatókban, amelyek a tudás alapú társadalom számára szükségesek. Nyitottá válnak az új ismeretek megszerzésére;
- az új kompetenciák (pl. számítógépes kompetencia) fejlesztésének és a tantárgyi tanulásnak az összekapcsolása;
- a hatékony tanulási környezet és a tanulási folyamatok támogató légkörének megteremtése;
- az IKT (info-kommunikációs technológiák) integrálása a különböző tanulási helyzetekbe és a szakmai tevékenység egészébe;
- csapatmunkában történő együttműködés a tanulók/ hallgatók ugyanazon csoportjaiban dolgozó más tanárokkal/oktatókkal, illetve egyéb szakemberekkel;
- a tanár kezdeményező szerepet vállal saját szakmai fejlődésének irányításában [4].

A Szegedi Tudományegyetemen tanuló fizikatanár- szakos hallgatók a szakmódszertani laboratórium során megismerik a virtuális méréstechnika alapjait, a mérőeszközöket és a programokat is. A gyakorlatokon tapasztalható érdeklődés arra inspirál bennünket, hogy minél szélesebb körben megismertessük a kifejlesztett méréseket, és további eszközöket tervezzünk. Virtuális méréstechnikáról, a kifejlesztett mérőprogramokról, szenzorokról további információ (irodalom, letölthető anyagok) találhatók a következő címen: http://www.noise.physx.u-szeged.hu/VirtualM/default.htm

Irodalom

1. Az érettségi vizsga részletes követelményeiről szóló 40/2002. (V.24) OM rendelet (http://www.okm.gov.hu)
2. Gingl Zoltán, Kántor Zoltán: *Virtuális méréstechnika a kísérletező oktatásban.* II. Országos Neveléstudományi Konferencia 2002. MTA Pedagógiai Bizottsága, 348 oldal
3. Török Miklós: *Elektronika.* JATEPress (2000) 153., 155. o.
4. Nagy Mária: Új kompetenciaelvárások és új képzési gyakorlatok a tanári szakmában. *Új Pedagógiai Szemle* 2004. április-május