

POČÍTAČOM PODPOROVANÉ EXPERIMENTY S PODPOROU SYSTÉMU ISES V PRÍRODOVEDNOM VZDELÁVANÍ

Michaela Kostelníková, Lukáš Tkáč

Katedra fyziky, Pedagogická fakulta, Trnavská univerzita v Trnave

Abstrakt: Príspevok prezentuje laboratórny systém ISES (Inteligentný školský experimentálny systém), ktorý umožňuje pomocou rôznych modulov (meracích prístrojov) a experimentálnej aparatúry zostaviť počítačom podporované experimenty nielen z fyziky, ale aj z chémie, biológie či environmentálnej výchovy. Okrem záznamu experimentálnych dát príspevok prezentuje možnosti využitia softvéru ISES, s ktorým je možné namerané dáta spracovať a pomocou matematických funkcií jednoducho vyhodnotiť. V článku je taktiež prezentovaná séria jednoduchých experimentov využiteľných v prírodovednom vzdelávaní na základnej, strednej, prípadne vysokej škole.

Kľúčové slová: systém ISES, počítačom podporované experimenty, prírodovedné vzdelávanie

Úvod

S príchodom nového školského zákona, ktorý vstúpil do platnosti v roku 2008, sa museli učitelia prírodných vied vyrovnáť s radikálnym oklieštením počtu vyučovacích hodín prírodovedných predmetov (fyzika, chémia, biológia). Logickým dôsledkom tohto zásahu, a takpovediac akousi obranou vyučujúcich sa stalo, že v rámci úspory času sa rozhodli pre radikálne riešenie – obmedziť, resp. úplne vynechať experimentálne činnosti na svojich hodinách.

Vo výskume uskutočnenom na veľkej vzorke respondentov z maturitných ročníkov sa zistilo, že až 62 % študentov sa na hodinách fyziky stretlo s experimentom len zriedkavo. [1]. Ak sa na hodinách experimentuje, zväčša sa jedná len o demonštračné experimenty, ktorých účinnosť spočíva v tom, že študentom dokážu existenciu určitého javu reálneho sveta, resp. môžu tento jav vizualizovať. Čo však v prípade, že chceme dokázať nielen existenciu javu, ale aj platnosť matematickej formule, ktorá daný jav kvantifikuje? V tomto prípade musíme nutne pracovať s experimentom, ktorý nám sprostredkúva aj výstup experimentálnych dát.

Klasické laboratórne cvičenia, ktoré boli donedávna nutnou súčasťou výučby fyziky, tieto dáta sprostredkúvali, avšak ich zjavnými nevýhodami boli:

- časová náročnosť zberu dát;
- prítomnosť chýb merania spôsobených činnosťou experimentátora;
- nízky motivačný faktor pre študentov (tieto cvičenia pôsobili skôr ako strašiak, nakoľko študentom hrozila zlá známka v prípade nesprávnych výsledkov, z nedôsledného dodržania postupu apod.).

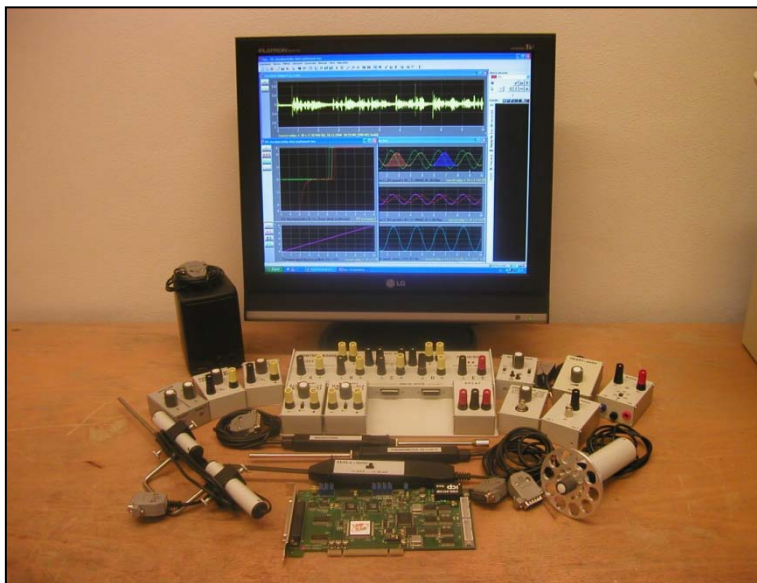
Práve preto sa na trhu objavili rôzne systémy, ktoré do škôl priniesli možnosť zostavovania počítačom podporovaných experimentov, ktoré eliminujú prvé dve z uvedených nevýhod klasických laboratórnych cvičení. Navyše, využitie počítačov v ktoromkoľvek vyučovacom predmete či v ľubovoľnej fáze edukačného procesu, študentov ešte stále dokáže dostatočne motivovať k tomu, aby sa tieto činnosti stali pre nich obľúbenými a zmysluplnými.

Predložený príspevok predstavuje systém ISES, ktorý umožňuje zostavovať rozmanité prírodovedné počítačom podporované experimenty a na konkrétnych príkladoch jednoduchých fyzikálnych experimentov demonštruje možnosti jeho využitia.

1 Systém ISES (Inteligentný školský experimentálny systém)

Experimentálny systém ISES (Obr. 1) predstavuje výkonný prostriedok, ktorý umožňuje realizovať reálne počítačom podporované experimenty (fyzikálne, chemické, biologické a ďalšie) na báze viac

ako 40 rôznych hardvérových komponentov. Softvér ISES následne umožňuje ich priebeh a výsledky monitorovať, spracovávať a prípadne aj riadiť prostredníctvom počítača [2].



Obr. 1: Systém ISES: v popredí hardvér – interfejsová doska, ISES panel a jednotlivé moduly, na monitore ukážka softvéru ISES

Hardvér systému pozostáva z interfejsovej dosky, ovládacieho panelu (so štyrmi vstupnými a dvoma výstupným kanálmi vo verzii „Professor“) a modulov. Modul je vlastne merací prístroj, ktorý meria danú fyzikálne veličinu. Túto nameranú veličinu (teplotu, polohu, tlak atď.) transformuje na napätie tak, aby bolo možné merať tieto veličiny prostredníctvom systému ISES [3]. Moduly môžeme rozdeliť na vstupné (napr. V-meter, A-meter, teplomer, potenciometer atď.) a výstupné (booster, relé, reproduktor). Systém je vybavený autodetekciou modulov, čo v praxi predstavuje ľahkú manipuláciu s tými to modulmi. Po zasunutí modulu do ovládacieho panelu systém ihneď rozpozná typ modulu a aj rozsah stanovený užívateľom.

Namerané dáta umožňuje softvér ISES zobrazovať analógovo alebo digitálne. Výsledný signál zobrazený na obrazovke monitora je získaný buď z dát nameraných modulmi a ich kombináciou, alebo výpočtom. Program umožňuje okrem zobrazovania dát aj ich spracovanie (napr. integrovať, derivovať, aproximovať, určiť frekvenciu výskytu apod.) [4]. Samozrejme, že je možné dáta aj exportovať pre ich spracovanie v inom softvéri.

Vďaka veľkému počtu modulov, ktoré majú užívatelia k dispozícii, je možné vytvárať širokú paletu prírodovedných experimentov. V nasledujúcej časti predstavíme návrh niekoľkých fyzikálnych experimentov a zároveň prezentujeme možnosti softvéru ISES v oblasti spracovania dát.

2 Počítačom podporované experimenty

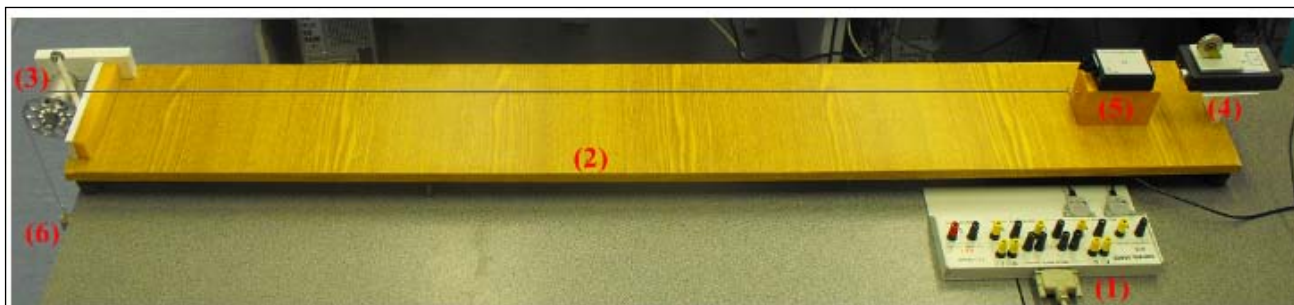
Mechanika

2. Newtonov zákon

Moduly: dynamometer, potenciometer

Funkcie softvéru: derivácia, preloženie grafu funkciou

Na demonštráciu 2. Newtonovho zákona sme použili aparatúru zobrazenú na Obr. 2. Tá nám umožňuje skúmať okamžitú polohu ako funkciu času dvomi modulmi – potenciometrom a sonarom. Kým potenciometer funguje na princípe zmeny odporu, sonar detekuje polohu s využitím ultrazvukového a infračerveného signálu.

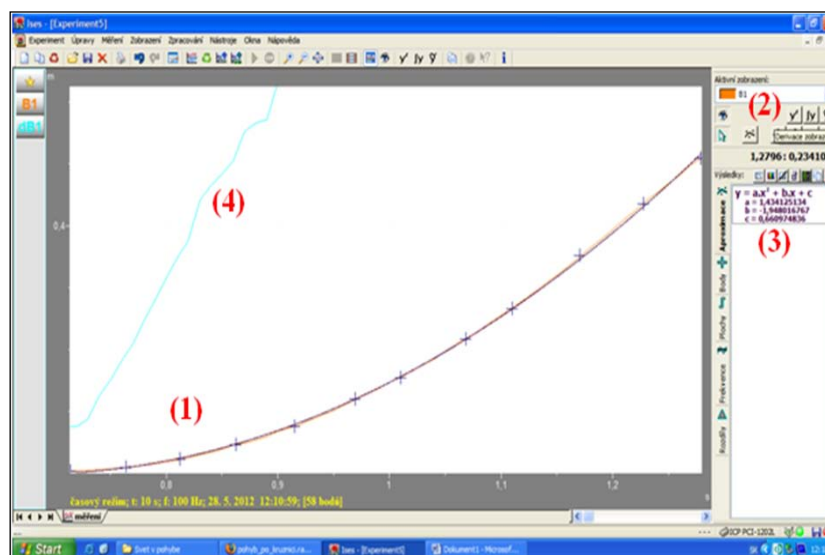


Obr. 2: Experimentálna aparatura na overovanie 2. Newtonovho zákona (1 – ISES panel, 2 – doska experimentu, 3 – potenciometer, 4 – sonar (prijímač), 5 – pohybujúci sa kváder so sonarom (vysielač), 6 – závažie) [5]

Experiment funguje na jednoduchom princípe – závažie (č. 6 na Obr. 2), ktoré je prepojené s dreveným kvádom niťou, začne padať, čo zapríčiní pohyb kvádra so sonarovým vysielačom. V tej chvíli sa rovnako začne otáčať koliesko potenciometra. Softvér ISES tak zaznamenáva dva údaje o okamžitej polohe – z potenciometra a zo sonaru.

Pre názornú demonštráciu funkcií softvéru ISES uvádzame ukážkovo spracovaný signál z potenciometra (Obr. 3). Študenti získajú závislosť okamžitej polohy ako funkcie času – časť paraboly – preložia polynomickou funkciou druhého rádu (na preloženie sme najprv na krivke označili niekoľko bodov, ktorými sa viedla funkcia). Z rovnice tejto krivky si môžu určiť zrýchlenie, s akým sa závažie pohybovalo (udáva ho dvojnásobná hodnota koeficientu pri kvadratickom člene). Zároveň dané zobrazenie môžu zderivovať a vzniknutá krivka (č. 4) určuje okamžitú rýchlosť závažia – až na malé výkyvy je to lineárna funkcia.

Experiment študentom ďalej umožňuje určovať koeficient šmykového trenia a tiež poskytuje možnosť skúmať pohyb po naklonenej rovine.



Obr. 3: Spracovanie merania v systéme ISES (1 – signál z merania preložený parabolou, 2 – funkcie „Preloženie krivky funkciou“ a „Derivácia zobrazenia“, 3 - rovnica krivky, 4 – derivácia krivky)

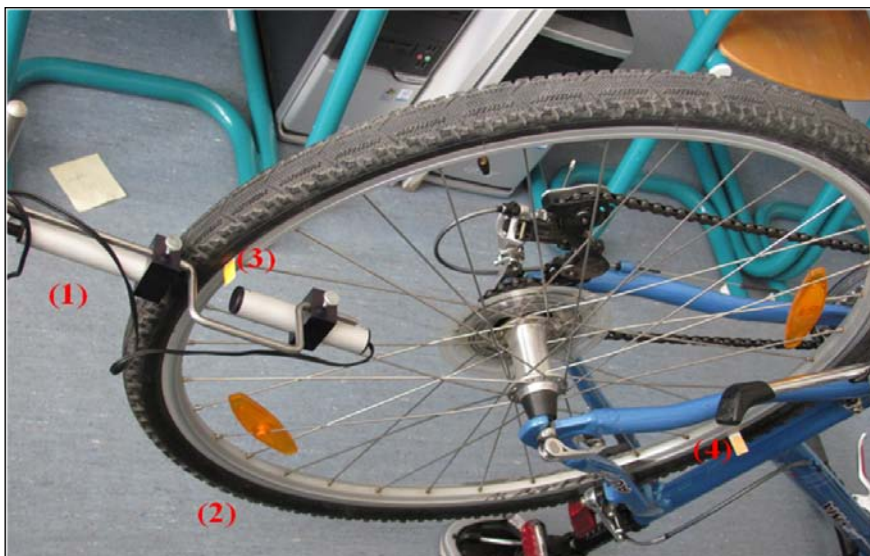
Pohyb po kružnici

Moduly: optická závora

Funkcie softvéru: odčítanie frekvencie

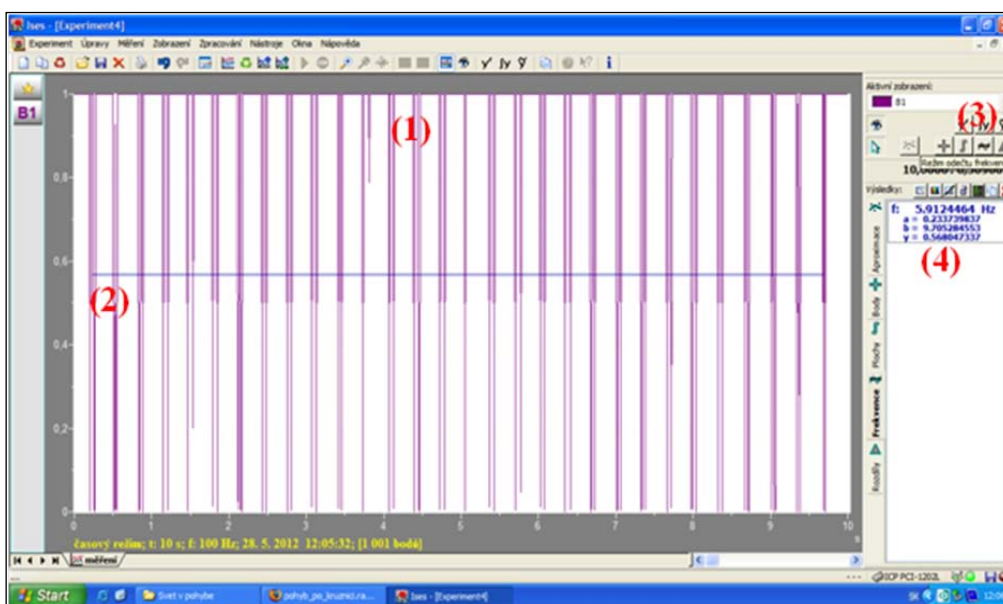
Pri skúmaní pohybu po kružnici (Obr. 4) možno využiť koleso bicykla, na ktoré sa pripevnia dve zarážky na zaznamenanie prechodu kolesa cez optickú bránu. Tá reaguje na prerušenie optickej

dráhy, pričom v programe sa nepretržitá optická dráha zobrazuje hodnotou 1 a prerušená hodnotou 0.



Obr. 4: Pohyb po kružnici (1 – optická závora, 2 – koleso bicykla, 3, 4 – zarážky na zaznamenanie prechodu)

Na zvolenom intervale otáčania kolesa, v rámci ktorého považujeme pohyb za rovnomerný, študenti môžu pomocou funkcie „Režim odčítania frekvencie“ určiť polovičnú hodnotu frekvencie otáčania kolesa (vzhľadom na to, že boli použité dve zarážky), a to jednoduchým potiahnutím kurzora od prvého signálu po posledný (Obr. 5).



Obr. 5: Spracovanie merania v softvéri ISES (1 – prechody zarážok optickou závorou, 2 – modrá čiara znázorňujúca interval, v ktorom bola použitá funkcia „Režim odčítania frekvencie“, 3 – tlačidlo tejto funkcie, 4 – výpočet polovičnej hodnoty frekvencie otáčania kolesa)

Termodynamika

Kalorimetrická rovnica

Moduly: teplomer

Funkcie softvéru: digitálne zobrazenie signálu

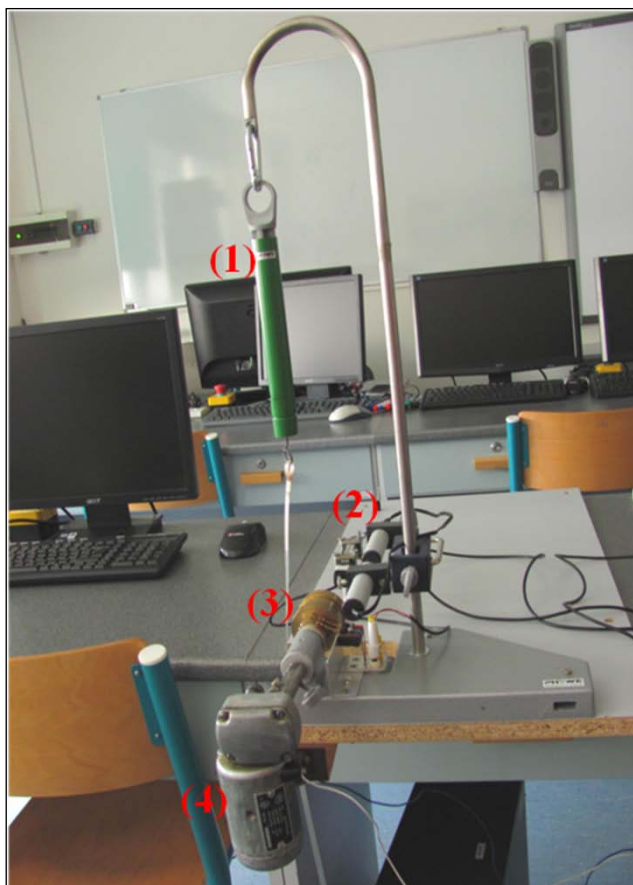
Na prevedenie tohto experimentu stačí len termoska, rýchlovarná kanvica na zohriatie vody a modul teplomer. Postup je obdobný ako pri klasickej demonštrácii výmeny tepla v kalorimetri, výhodou pri použití systému ISES je len presnejšie odčítanie hodnôt teplôt v prípade, že využijeme funkciu softvéru na zobrazenie dát v digitálnej podobe.

Joulov pokus

Moduly: optická závora, teplomer

Funkcie softvéru: odčítanie frekvencie

Na Obr. 6 je zobrazená experimentálna aparátúra, pomocou ktorej možno rekonštruovať historický experiment – Joulov pokus – ktorý skúma disipatívne sily. Kým Joule ohrieval vodu, v tomto prípade dochádza k ohrevu kovového valčeka, na ktorý je navinutý gumový popruh. Experimentálne sa skúma závislosť zmeny teploty valčeka od počtu jeho otočení (teda od vykonanej práce) [6].



Obr. 6: Experimentálne usporiadanie Joulovho pokusu (1 – silomer, 2 – optická závora a teplomer, 3 – kovový valček a gumový popruh, 4 - motorček)

Kmity

Tlmený pohyb

Moduly: dynamometer

Funkcie softvéru: preloženie grafu funkciou

Pomocou pružiny a závažia študenti vytvoria tlmený oscilátor. Kmitanie závažia na pružine časom ustane dôsledkom tlmenia. Študenti majú za úlohu určiť veľkosť tlmenia na základe rovnice tlmenia, kde signál z dynamometra preložia exponenciálnou funkciou a vyjadria koeficient útlmu b .

Jednoduché kyvadlo

Moduly: optická závora

Funkcie softvéru: odčítanie frekvencie

Tento experiment je veľmi jednoduchý na realizáciu – potrebujeme len niť a závažie, ktorého kmitavý pohyb budeme zaznamenávať pomocou modulu optická závora (podobne ako pri experimente *Pohyb po kružnici*). Pomocou funkcie odčítanie frekvencie určíme frekvenciu kyvov kyvadla. Zároveň tak pred študentmi konfrontujeme pojmy kyv a kmit. Pri použití dostatočne dlhej nite, a za podmienky začiatočnej výchylky $\varphi < 5^\circ$ môžeme zhotovené kyvadlo považovať za matematické (bližšie pozri [7]). V tom prípade pri dostatočne dlhom meraní môžu študenti určovať hodnotu tiažového zrýchlenia pre danú lokalitu.

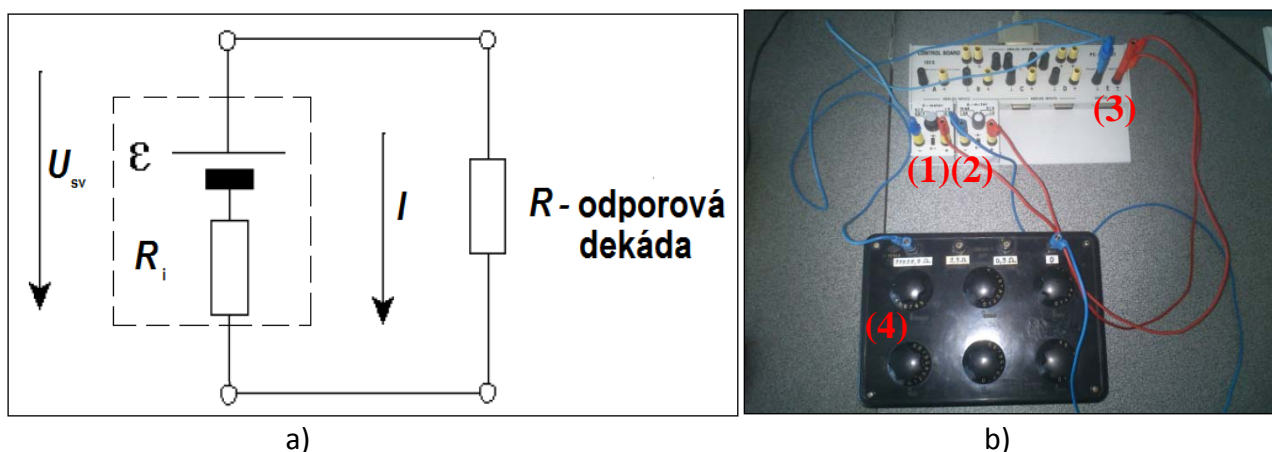
Elektrina a magnetizmus

Vnútrotný odpor batérie

Moduly: V-meter, A-meter, zdroj napätia

Funkcie softvéru: krokové meranie, výstupné napätie

Základnými charakteristikami zdroja elektromotorického napätia je jeho elektromotorické napätie ε a vnútrotný odpor R_i . Závislosť svorkového napätia zdroja U_{sv} na prechádzajúcom prúde I študenti využijú pre stanovenie elektromotorického napätia ε a vnútrotného odporu R_i porovnaním s lineárnou závislosťou bodov získaných z merania. Pre určenie potrebujú zostaviť jednoduchú schému zapojenia z Obr. 7a). Na Obr. 7b) je technické prevedenie daného experimentu.



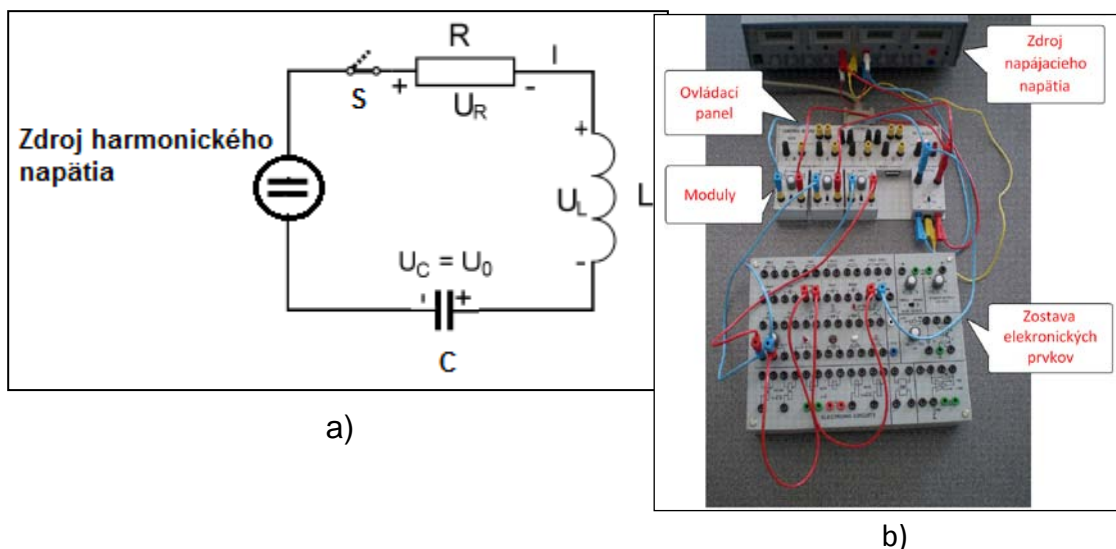
Obr. 7: a) Schematické zapojenie experimentu,
b) experimentálne usporiadanie experimentu Vnútrotný odpor batérie (1 – V-meter, 2 – A-meter, 3 – jednosmerný zdroj napätia, 4 – odporová dekáda)

RLC oscilátor

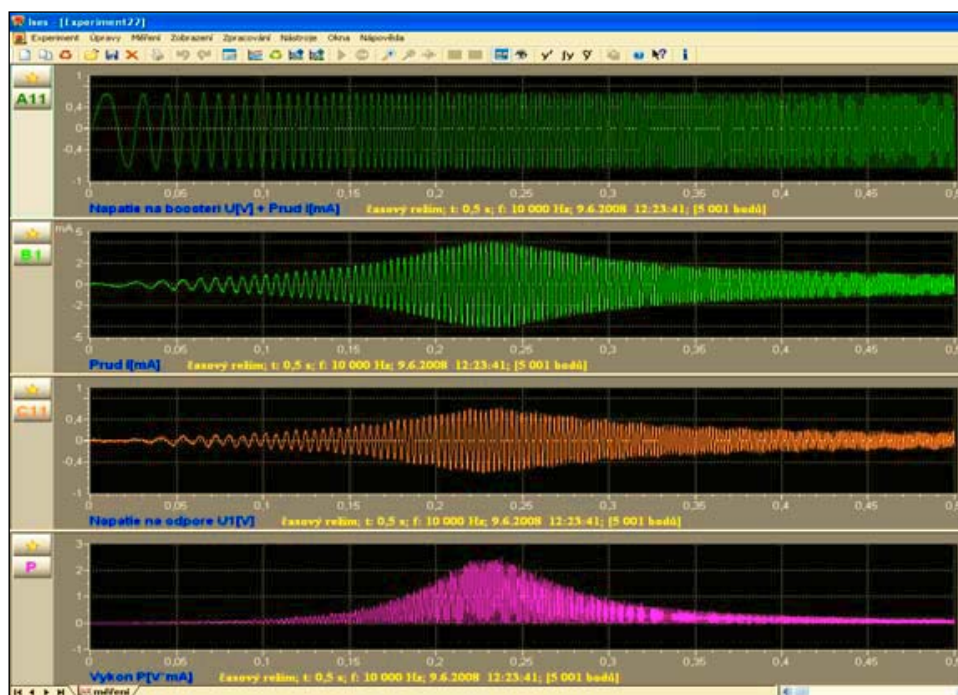
Moduly: V-meter, A-meter, zdroj harmonického napätia

Funkcie softvéru: „rozmetač“ frekvencie

V danom experimente sa študenti oboznamujú s pojmami ako je rezonančný RLC obvod, rezonancia, prenos výkonu. Zapojenie obvodu daného experimentu je opäť veľmi jednoduché, pozostáva z rezistora, kondenzátora, indukčnosti a zdroja harmonického signálu (Obr. 8a). Študenti majú za úlohu meniť frekvenciu výstupného signálu zo zdroja harmonického napätia a následne vyniesť do grafov závislosti maximálnej amplitúdy prúdu od frekvencie a fázového rozdielu medzi napätím a prúdom taktiež od frekvencie. Rezonančnú frekvenciu môžu rovnako určiť aj pomocou funkcie „rozmetač frekvencie“ kedy systémom ISES možno lineárne meniť frekvenciu výstupného signálu v danom intervale (napr. 0÷500 Hz) (Obr. 9). Technické prevedenie experimentu je na Obr. 8b).



Obr. 8: a) Schematické zapojenie experimentu, b) experimentálne usporiadanie experimentu RLC oscilátor



Obr. 9: Spracovanie merania v softvéri ISES (zhora graf 1 – úroveň napätia vstupného signálu, graf 2 – prúd prechádzajúci obvodom, graf 3 – napätia merané na odpore R , graf 4 – výkon dodávaný do obvodu)

Záver

V predloženom príspevku sme prezentovali možnosti vytvárania jednoduchých i náročnejších počítačom podporovaných experimentov prostredníctvom systému ISES v rôznych oblastiach fyziky. Zároveň sme ukázali niektoré z funkcií softvéru ISES, ktorý môže slúžiť nielen na zber experimentálnych dát, ale aj pre ich vyhodnocovanie na úrovni derivovania, integrovania, násobenia signálu, aproximovania funkcií, určenia frekvencie apod.

Medzi výhody využívania tohto systému môžeme zaradiť nasledovné:

- veľká variabilita experimentov vďaka množstvu modulov, ktoré sú k dispozícii;

- možnosť vytvárať experimenty nielen z fyziky, ale napr. aj z:
 - biológie – monitorovanie vtáčích hniezd, meranie činnosti srdca;
 - chémie – elektrochemický článok, fotovoltaiický článok;
 - environmentálnej výchovy – monitorovanie prostredia (teplota a tlak vzduchu, rádioaktívne pozadie apod.);
- jednoduchá manipulácia s hardvérom i softvérom – automatická detekcia modulov, označovanie osí apod.;
- možnosť vyhodnocovania dát priamo v programe;
- podpora medzipredmetových vzťahov – prírodné vedy, matematika, informatika.

Literatúra

- [1] TKÁČ, L. – SCHAUER, F. 2011. Prvé Slovenské internetové vzdialené prírodovedné e-laboratórium a pohľad študentov na vyžívanie experimentov na hodine fyziky. In *Poznatky modernej fyziky a ich aplikácia do vyučovania fyziky*. Ružomberok : Verbum, 2011. ISBN 978-80-8084-798-2, s. 45-55.
- [2] ISES – Školní experimentální systém, uživatelská příručka. 1996. MENTAR s.r.o.& PC IN/OUT, 1996.
- [3] Školní experimentální systém ISES [online] [cit. 2012.05.28.]. Dostupné na Internetu: <<http://www.ises.info/old-site/index1.html>>.
- [4] SCHAUER, F. – OŽVOLDOVÁ, M. – LUSTIG, F. 2009. Intelligent School Experimental System (ISES) for computer based laboratories in physics, In *Innovations 2009 (USA), World Innovations in Engineering Education and Research iNEER Special Volume 2009*.
- [5] MAJERČÍK, P. 2010. *Experiment podporovaný počítačom* : diplomová práca. Trnava : PdF TU, 2010, 64 s.
- [6] KRÁTKA, Z. 2011. *Disipatívne sily v mechanike na príklade Joulovho pokusu* : bakalárska práca. Trnava : PdF TU, 2011, 45 s.
- [7] SCHAUER, F. – MAJERČÍK, P. 2009. Real Interactive Pendulum Experiment With Data Collection and Transfer Across Internet. In *Multimedia in Physics Teaching and Learning* [online]. Udine : Litho Stampa [cit. 2012.05.28.]. Dostupné na Internetu: <http://www.fisica.uniud.it/URDF/mpt14/ftp/full_text/T6_74_Schauer.pdf>.

Adresa autorov

Mgr. Michaela Kostelníková, Mgr. Lukáš Tkáč
Katedra fyziky PdF Trnavskej univerzity
Priemyselná 4
918 43 Trnava
zovinova.michaela@centrum.sk, tkac.lucas@gmail.com