

NOVÉ TRENDY V TRADIČNÍCH, VZDÁLENÝCH A VIRTUÁLNÍCH LABORATOŘÍCH

LUSTIG František, ČR

Resumé

Příspěvek přináší ukázkou integrace tradiční, vzdálené a virtuální laboratoře jako nový trend v laboratorní technice. V příspěvku předvedeme propojení experimentálních metod v tradičních, vzdálených a virtuálních laboratořích na konkrétním učivu volných, tlumených a buzených kmitů. Reálné „hands on“ experimenty s PC budou se systémem ISES (1), (2), (3), vzdálené experimenty budou vystavěné na softwarové stavebnici ISES WEB Control (4). Nosnou myšlenkou tohoto příspěvku bude nové pojetí virtuálních experimentů, které mají export a import dat. Experimentální data z reálných experimentů, ze vzdálených experimentů a z virtuálních experimentů (ze simulací) lze vzájemně porovnávat, fitovat aj. Takovéto integrované pojetí tradiční a e-learningové výuky s podporou vzdálených a virtuálních laboratoří nazýváme Integrovaný e-learning (5).

Klíčová slova: reálné experimenty, vzdálené experimenty, virtuální experimenty, počítačem podporované měřicí systémy, e-learning.

NEW TRENDS IN TRADITIONAL, REMOTE AND VIRTUAL PHYSICS LABS

Abstract

The paper introduces the integration of three ICT and computer oriented laboratories, namely traditional computer based laboratory, remote real laboratory across the Internet and virtual laboratory. We present the system composed of the system ISES (Intelligent School Experimental System) (1), (2), (3), remote real experiments across the Internet with software ISES WEB Control kit (4) and example of a virtual laboratory simulations with the import and export data! This system of laboratories served for our experimental studies in the direction of Integrated e-learning (5).

Key words: real experiments, remote experiments, virtual experiments, computer-aided measuring systems, e-learning.

Úvod

Jednou z cest upřednostňujících experiment je využívání počítačem podporovaných měřicích systémů, vzdálených a virtuálních laboratoří ve výuce. Ano, uvedli jsme i virtuální laboratoře, které nemusí být již jen alternativní, ale spolu s reálnými laboratořemi „hands on“ a s reálnými vzdálenými laboratořemi mohou výuku přírodních věd doslova umocňovat.

1 Tradiční „hands on“ laboratoře

Začneme na úrovni počítačem podporovaných laboratoří. Laboratoře bez počítače mají také jistě své kouzlo, ale my zkusíme vzít klasické pomůcky a zkusíme je pomocí počítače zatraktivnit, dát jim novou přidanou hodnotu. Školy jsou často vybaveny měřicími systémy ISES, Vernier, Pasco, IP Coach aj. Pro učebnové laboratoře jsou vhodné systémy ISES (1) až (3), které jsou kompaktní, měřicí moduly jsou pevně spojené s měřicí konzolí, vzhledem k robustnosti systému zůstává systém ISES stabilně připojený k počítači. Do tradičních „hands on“ laboratoří lze zahrnout též mobilní laboratoře. Alokovány mohou být jak ve školních

laboratořích, ale hlavní uplatnění nelezou v terénu, mimo školní laboratoř. Umožní měření v situacích, které studenti/žáci znají z běžného života, ale jevy si nedovedou „převést“ do fyziky, do chemie, do biologie. Zástupci mobilní technologie jsou systémy Vernier, Pasco aj.

2 Vzdálené laboratoře

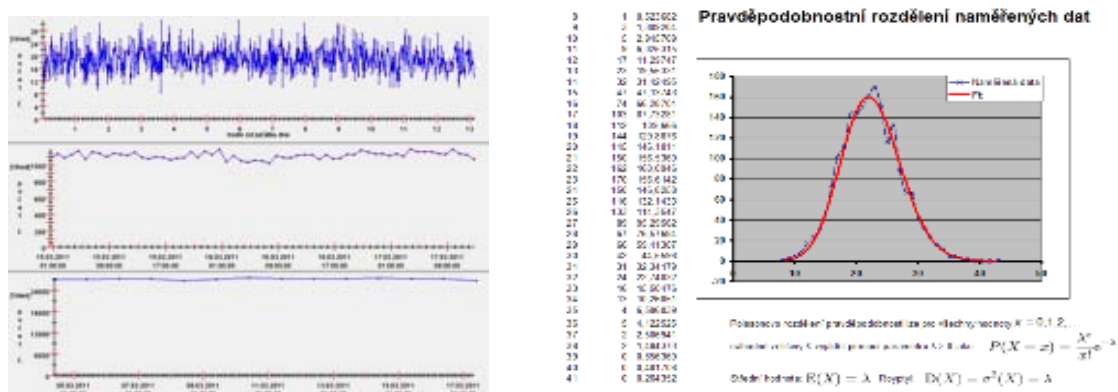
Vzdálená laboratoř je reálná laboratoř s reálnými experimenty, ale přístup do této vzdálené laboratoře je umožněn komukoliv, kdykoliv a odkudkoliv pouze prostřednictvím internetového připojení, pouze prostřednictvím volně dostupných prohlížečů typu Internet Explorer, Mozilla Firefox, Opera, aj. Vzdálené laboratoře se dají využít jako soubor experimentů, laboratorních úloh pro studenty nebo též jako databáze experimentů pro vyučující, přednášející, kteří mohou požadovaný experiment zařadit „bez přípravy“ v libovolný čas do své výuky, přednášky aj. Studenti mohou na vzdálených laboratorních úlohách zkoušet badatelským způsobem jak se experiment chová, jaké závislosti lze odhalit, či ověřit, aj. Vzdálená úloha ovšem může být připravena jako standardní laboratorní cvičení, kdy student měří, ukládá si data, která lze přenést Internetem do jeho počítače, a nakonec student data vyhodnotí, vynese grafy, vyplní tabulky, ověří závislosti aj. V praxi je odzkoušeno, že takto lze odevzdávat písemné referáty z úloh, které jsou umístěny na internetu. Vyzkoušejte např. vzdálené experimenty v naší laboratoři <http://www.ises.info> (úlohy: non stop monitorování počasí včetně non stop sledování přirozené radioaktivity, úlohy s pružinou - tlumenou, s budící silou aj., úlohy na ohyb na šterbině, úlohy na indukci, fotoefekt, solární energii, řízení výšky vodní hladiny aj.). Často jsou naše vzdálené experimenty využívány vyučujícími při výuce, přednášce na zpestření výuky zajímavým, či typickým experimentem, který na daném místě nelze předvést. Vzdálené experimenty mají i rezervační systém, takže je lze rezervovat na jméno a heslo na daný čas výuky aj. Vzdálené laboratoře stále přibývají jak ve světě (přehled je v našich jiných publikacích), tak v Česku (Praha: MFF-UK , <http://www.ises.info> , Brno: PedF <http://ises.tym.cz>), i na Slovensku (Trnava: PedF, <http://kf.truni.sk/remotelab>) aj. Výzva - vytvořme síť vzdálených laboratoří na různých školách, propojme různé experimenty do jednoho českého/EU rozcestníku.

Typickým a vlastně jediným systémem pro tvorbu *volných* (všem ihned dostupných) vzdálených úloh je systém ISES a jeho softwarový stavebnicový modul ISES WEB Control (4), který umožní jednoduše stavebnicově sestavit libovolný vzdálený experiment i neprogramátorům. (Pozn.: Někdy se též využívá systém LabVIEW, který též umožňuje tvorbu vzdálených úloh, ale k práci vyžaduje doinstalování rozsáhlého balíku LabVIEW RunTime Engine, který je sice volně dostupný, ale instalaci lze provádět jenom s administrátorskými právy, takže využití LabVIEW je trochu komplikovanější. Nehledě na to, že tvůrce musí umět programovat).

Vzdálené experimenty lze „jenom“ používat např. na našich stránkách <http://www.ises.info/index.php/cs/laboratory> nebo je lze aktivně tvořit. Není to o nic složitější než tvorba obyčejných HTML stránek. Vzdálené experimenty se systémem ISES a ISES WEB Control se jenom „poskládají“ z hotových velmi flexibilních komponent (appletů). Důležité je, že vzdálené laboratorní úlohy poskytují experimentální data, která si může uživatel stáhnout přes clipboard (schránku) do svého počítače a dál je zpracovávat např. v EXCELU, aj., či např. ve virtuálních simulacích, viz dále. Více o vzdálených experimentech na www.ises.info. Systémy Pasco ani Vernier ani Phywe podporu vzdálených experimentů nemají.

Přidáme ještě ukázkou nového aktuálního vzdáleného experimentu, kterým je sledování přirozeného radioaktivního pozadí. Jedná se o nejnovější vzdálené laboratoře typu RemLabNet, kdy stejný experiment provozujeme na různých místech (propojených sítí). Naše

konkrétní ukázka je sledování přirozeného radioaktivního pozadí na různých místech ČR (pracovní varianta je na adrese <http://kdt-26.karlov.mff.cuni.cz>). Sledujeme přirozenou radioaktivitu v minutových, hodinových a celodenních intervalech. Non stop každých 10 s pomocí Geigerova Mülleroва čítače měříme a ukládáme počet částic gama a beta, které prolétnou GM čítačem. Informace jsou on-line přístupné na výše uvedené WWW stránce. Data je možné vybírat za zvolený časový úsek a stahovat si je do svých počítačů a aplikací. Je to soubor hardwareových náhodných dat, které vypovídají o hodnotách radioaktivního pozadí, (které je hojně sledované např. nyní v čase japonské katastrofy tsunami a poškození jaderné elektrárny Fukušima), ale tato data lze efektivně využít i k ověření Poissonova rozdělení radioaktivního záření.



Obr. 1. Minutové, hodinové a celodenní záznamy a Poissonovo rozdělení četností přirozeného radioaktivního záření, výstupy z <http://kdt-26.karlov.mff.cuni.cz> .

3 Virtuální laboratoře

Poslední typ laboratoře, který je v našem výčtu laboratoří, jsou virtuální laboratoře. Virtuální experimenty, virtuální laboratoře jsou simulace, virtuální modely, aplety, flash animace aj. Jsou to tedy programy dostupné z lokálních umístění na počítači, případně spustitelné programy z Internetu. Apletů, animací, flashů je na Internetu nepřeberné množství, ale jako zajímavé zdroje se jeví např. <http://www.walter-fendt.de/> (jednodušší aplety), či <http://phet.colorado.edu/> (velice povedené, někdy i složité aplety, opravdu unikátní simulace). S těmito simulacemi lze provádět i virtuální experimenty, které v laboratoři prostě provádět nemůžeme (třeba změna gravitace, zkoumání mikro a makro prostoru, práce s nebezpečnými látkami, situacemi aj. V těchto virtuálních laboratořích se dá také zajímavě experimentovat, modelovat, ověřovat.

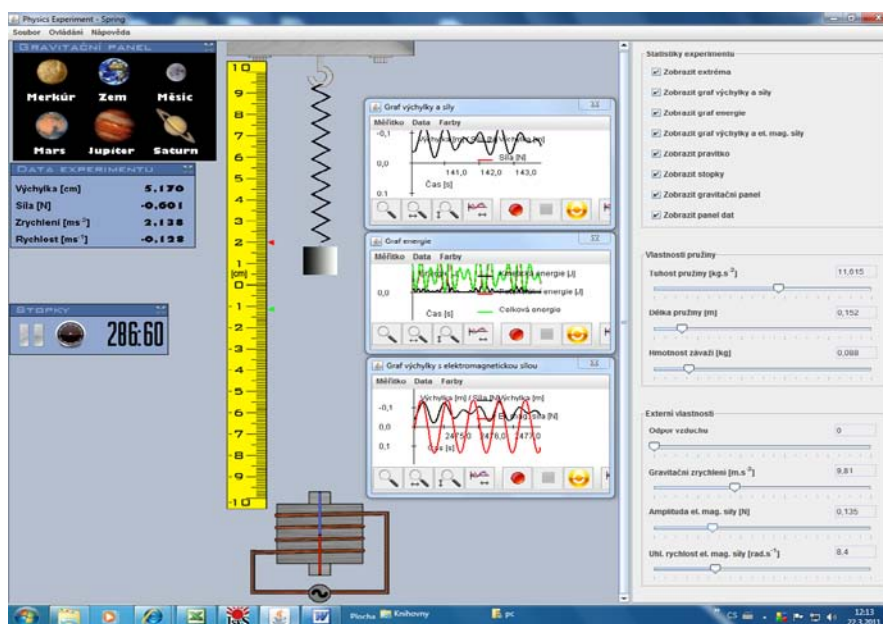
Stávající simulace ve světě i u nás neumožňují práci s daty, pouze si zkoušíme na grafických výstupech, resp. animacích změny vstupních dat aj. Poslední novinkou v simulacích jsou **simulace s exportem a importem dat** (!) Takové simulace vytvořili autoři F. Lustig a B. Bardiovský v softwareovém kitu „ISES Sim Lab“ (6). Je to až s podivem, že se dosud neobjevily tyto varianty apletů a simulací. Zřejmě nebylo potřeba komparovat reálná data a simulovaná data.

Práci s takovýmto apletem představíme na virtuálním experimentu „Kmity na pružině“ (kmity volné, tlumené a vynucené). Zdařilá animace kmitů na pružině umožňuje interaktivní změnu mnoha parametrů v tomto experimentu – lze nastavovat hmotnost, tuhost, délku pružiny, dále lze nastavit vnější parametry jako je tlumení, budící síla. Dále lze nastavit tíhové

zrychlení (pružina kmitá na Zemi, na Měsíci, na Saturnu aj.). Uvědomme si, že takovou změnu tíhového zrychlení v reálné laboratoři nelze provést. Ve virtuální laboratoři je to snadné. A student „překvapivě“ např. zjistí že doba kmitů je stejná na Zemi i na jiných planetách.

A nyní to nejzajímavější a nejnovější. Simulační prostředí disponuje datovým exportem a importem. Data z grafických výstupů je možno exportovat přes clipboard, či přes datový soubor do Vašeho počítače. Data již zpracováváte požadovaným způsobem. Ale ještě větším komfortem je import dat např. ze vzdáleného experimentu nebo z reálného lokálního experimentu. Tato data jsou na grafickém pozadí simulace a Vy nastavením základních parametrů a variací dalších parametrů hledáte shodu reálného vzdáleného, či lokálního experimentu s modelovaným simulovaným virtuálním experimentem.

Simulační prostředí autorů má též jednoduchý soubor nástrojů jako měřítko, či stopky a lze tak provádět měření, tak jako s reálnou pružinou – měří se výchylka, měří doba kmitů. Dále můžeme měnit amplitudu a frekvenci budící síly. Takto lze studovat problematiku rezonance, fázových posuvů, energetických přeměn. V simulačním prostředí jsou k dispozici grafické výstupy základních veličin experimentu, včetně složitějších grafických výstupů, např. energií. Takovýto aplet vizualizuje na grafech situace, které si lze z popisu jevu a ze základních fyzikálních rovnic obtížně představovat. A zde ho máme téměř jako hru. Objevitelským, badatelským přístupem se blížíme k postupu vědců, kteří nejdříve studují jev, stanovují hypotézy, provádějí ověřující měření, vyhodnocují data a nakonec vyslovují nové závislosti, zákonitosti, objevy. Ano, téměř vždy od experimentu k teorii a nikoliv od teorie k experimentu, jak tomu je často na školách.



Obr. 2. Virtuální laboratorní prostředí „ISES Sim Lab“ s experimentem „Kmity na pružině“. Tato simulace má import dat např. ze vzdáleného experimentu a umožňuje porovnání, fitování reálných experimentálních dat ze vzdáleného experimentu a teoretických dat ze simulace.

4 Integrace tří typů laboratoří – tradiční laboratoř + vzdálená laboratoř + virtuální laboratoř

Jak by to mohlo proběhnout ve výuce? Představme si, že probíráte kmity na pružině – volné, tlumené, buzené aj. prostě vše, co se kolem kmitů na pružině dá vyložit. Zatím jsme pouze představili tři typy laboratoří – tradiční, vzdálené a virtuální. Každý typ vyjmenované laboratoře má svůj nepopíratelný přínos. Ale my bychom chtěli ještě dále. Zkusme jeden objekt, jeden problém zkoumat všemi typy laboratorních prací. Nechť si studenti sami zvolí typ laboratorního postupu. Nechť se třída rozdělí na skupinky, které tentýž problém řeší tradičně, vzdáleně, či virtuálně.

Reálně experimentujeme s pružinou klidně i bez počítače, jenom se stopkami a měřítkem. Bez problémů zjistíme periodu kmitů, amplitudu kmitů, případně i tuhost pružiny, tlumení aj. Pokud vše budeme provádět na lokálním počítači s měřicím systémem, budeme mít k dispozici i časový záznam harmonických, a třeba i tlumených kmitů, případně i buzených kmitů (měřicí systém může budit závaží na pružině např. harmonickou elektrickou/elektromagnetickou silou. Počítač vše zaznamená a na studentovi je rozbor grafického záznamu. Závěrem se dopracuje k rovnicím harmonického, případně tlumeného, případně buzeného pohybu tělesa na pružině. Tolik nám dá reálný lokální experiment.

Pokud nemáme k dispozici reálný experiment, můžeme zvolit reálný vzdálený experiment. A i přes internet si „zaexperimentujeme“. Máme k dispozici on-line záběry z kamery, máme možnost interaktivního ovládání parametrů experimentu. Opět naměříme, data si klidně přeneseme přes Internet do svého počítače a experiment vyhodnotíme. A nebo máme možnost se studenty úlohu odzkoušet přímo ve vyučovací hodině, resp. zadat domácí úlohu k procvičení vlastností kmitavého pohybu. Nechť studenti změří tuhost pružiny na internetu (adresu experimentu studentům samozřejmě oznámíme), nechť určí periodu kmitů, nechť určí rezonanční frekvenci, nechť studují fázovou charakteristiku výchylky a budící síly. Plno úkolů, které studenti budou rádi řešit, protože „je to na Internetu“(!), ověřeno vlastní praktickou výukou.

No a třetí skupinka experimentuje virtuálně. A určitě to není nezajímavé. Zkouší pracovat s virtuální pružinou obdobně jako s reálnou pružinou. Ale má možnost měnit gravitaci, odpor prostředí, má k dispozici hned několik pružin s libovolnou tuhostí, různá závaží. Pokud student přistoupí na tuto virtuální realitu, tak má evidentně flexibilnější experiment. Studenti této skupiny pravděpodobně přinesou nejhodnotnější data a závěry. ANO chybí jim sice ta realita pružiny, ale tu jim nechceme odepřít. Své výsledky budou konfrontovat se skupinou, která měla fyzickou pružinu. Ve virtuální simulaci např. „Kmity na pružině“ lze nejenom virtuálně experimentovat, ale v novém typu simulací s importem dat lze porovnávat, fitovat data z lokálního, či vzdáleného experimentu a simulovaná data.

Studenti ve všech třech typech laboratoří experiment posuzují jak kvalitativně, tak hlavně kvantitativně. Kontrolovatelným výstupem nechť jsou jejich data. Poté si vzájemně poreferují o svých výsledcích a pokusí se naměřená data vzájemně konfrontovat, vzájemně předávat a porovnávat.. Data, ať již naměřená reálně, vzdáleně, či simulovaná můžeme zpracovávat např. i v EXCELu, či optimálně v simulačním prostředí, viz výše popsaná simulace „Kmity na pružině“.

Studijní materiály jsou v knižní podobě – učebnice, v elektronické podobě – studenti si sami dohledávají informace na Internetu, přičemž dbají na validitu internetových zdrojů, případně jsou studenti vedeni interaktivními návody aj. Studenti pracují samostatně, až individuálně, ale později při společné diskuzi se učí kolektivní kolaboraci, což je také jeden z cílů výuky v laboratoři, na který se trochu pozapomíná.

Závěr

A nyní ještě otázka? A kde je učitel? Učitel je součástí všech řešitelských týmů, učitel nekáže od tabule, učitel není expertem, chodící encyklopedií, je zprostředkovatelem procesu učení. Učitel studenty „táhne“ a ne „tlačí“, učí je klást správné odpovědi, učí je vzájemné kolaboraci, učitel se individuálně věnuje jak nadaným studentům, tak i studentům, kteří potřebují pomoc atd.. A to je plno důvodů, proč je učitel ve výuce nezastupitelný.

V tomto příspěvku jsme integrovali různé typy laboratoří. Integraci předmětů fyziky, chemie a biologie v jeden celek přírodních věd nechť je předmětem dalších příspěvků a diskuzí.

Závěrem bychom rádi shrnuli, že právě toto vzájemné propojení „hand made“, vzdáleného a virtuálního experimentování je tou novou přidanou hodnotou v laboratorní práci studentů, na kterou jsme chtěli v tomto příspěvku poukázat.

Literatura

1. LUSTIG F. *Computer based system ISES*. <http://www.ises.info>, 1990-2011.
2. SCHAUER F. LUSTIG F. OZVOLDOVA M. *ISES - Internet School Experimental System for Computer-Based Laboratories in Physics*, in Innovations 2009 (USA). World Innovations in Engineering Education and Research. iNEER Special Volume 2009. chapter 10. pages 109-118. ISBN 978-0-9741252-9-9.
3. SCHAUER F. LUSTIG F. DVOŘÁK J. OŽVOLDOVÁ. M. *Easy to build remote laboratory with data transfer using ISES – Internet School Experimental System ISES*. Eur. J. Phys. 29. 753-765. 2008.
4. LUSTIG F. DVOŘÁK J. *ISES WEB Control*, software kit for simple creation of remote experiments for ISES. ISES Rem Lab. Teaching tools co. PC-IN/OUT. addr. U Druhé Baterie 29. 162 00. Prague 6. Czech Rep. 2003.
5. F. SCHAUER, M. OZVOLDOVA AND F. LUSTIG: *Integrated e-Learning - New Strategy of Cognition of Real World in Teaching Physics*, in Innovations 2009 (USA), World Innovations in Engineering Education and Research, iNEER Special Volume 2009, chapter 11, pages 119-135, ISBN 978-0-9741252-9-9.
6. LUSTIG F. BARDIOVSKÝ V. *Kmity na pružině. Simulační prostředí „ISES Sim Lab“*, Teaching tools co. PC-IN/OUT. adr. U Druhé Baterie 29. 162 00. Praha 6. Czech Rep. 2011.

Lektoroval: Ing. Bronislav Balek

Kontaktní adresa:

František Lustig, doc. RNDr., CSc.
Kabinet obecné výuky fyziky,
Matematicko-Fyzikální fakulta UK Praha, Ke Karlovu 3, 121 16 Praha 2, ČR,
tel. 00420 602 858 056,
e-mail: farntisek.lustig@mff.cuni.cz