

## Experiment vzdálený z hodiny do každé rodiny

FRANTIŠEK LUSTIG

Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy, Praha

### Abstrakt

Príspevek popisuje nový typ fyzikálního experimentu, který je zároveň klasický hands-on experiment a zároveň vzdálený experiment. Tato nová technologie fyzikálního experimentu je konkrétně předvedena na Arduino a softwarové stavebnici Arduino Remote Lab. Učitel demonstruje klasický hands-on experiment, ale na tento experiment se mohou přímo ve třídě vzdáleně připojovat studenti ze svých mobilních zařízení. A rovněž zároveň může být tento experiment vzdálený přes Internet i mimo školu.

### Úvod

Původní klasický *hands-on experiment* se s příchodem počítačů do škol často stal *počítačem podporovaným experimentem* (Computer Aided Experiment, Computer Based Experiment, aj.). Vyhodnocování a zpracování experimentů se zkvalitnilo, hlavně práce s experimentálními daty. S příchodem počítačů se rovněž objevují *modelovací systémy* (Famulus, aj.), které dovedou popsat a řešit experimenty nejenom klasické, ale i z makro a mikro světa aj. Mají výbornou grafickou interpretaci řešení zadaných fyzikálních vztahů. Nová grafická prostředí Flash, Java, Java applety, aj. dala vzniknout novým *virtuálním experimentům*, které byly zpočátku jenom *animací experimentů*, později též *simulací experimentů* (PhET, aj.), resp. též umožňovala *modelování experimentů* (Mathematica, Interactive Physics, Easy Java Simulations aj.). Všechny tyto virtuální experimenty byly bez vazby na reálný experiment. Proto se zároveň s virtuálními experimenty rozvíjely *vzdálené experimenty*, které jsou reálné, pouze komunikace se vzdáleným experimentem je prostřednictvím Internetu. Ze světa jmenujme např. vzdálené experimenty postavené na LabVIEW, v ČR např. na iSES studiu [1], [2].

Toto dělení fyzikálního experimentu na reálný, virtuální a vzdálený se zase pokouší zpětně propojit *Integrovaný e-learning (virtuální a vzdálený experiment)* [3], *blended learning (reálný a vzdálený experiment)* [4] aj.

Vzdálenými experimenty se na MFF-UK Praha dlouhodobě zabýváme, viz <http://www.ises.info/index.php/cs/laboratory>. Vyvinuli jsme *multiplatformní stavebnicové prostředí "iSES Remote Lab SDK"*

(<http://www.ises.info/index.php/cs/systemises/sdkisesstudio> [5]), které umožňuje tvorbu vzdálených experimentů s různými *měřicími systémy jako je ISES*, dále *s klasickými standardními přístroji s COM a USB rozhraním* a v neposlední řadě též s lacinými a dostupnými *Arduino systémy* aj.

A v tomto příspěvku chceme nově ukázat, že jeden a týž experiment může být hands-on a vzdálený zároveň. A chceme to demonstrovat na dostupném hardware a software, aby si to mohl odzkoušet i neznalý, laický uživatel. Vzdálený a zároveň hands-on experiment budeme demonstrovat se snadno dostupným Arduinem.

## 1. Realizace hands-on vzdáleného experimentu s Arduinem

Sestavíme a vyzkoušíme si hands-on vzdálený experiment s Arduinem, který bude fungovat lokálně i vzdáleně ve škole a následně vzdáleně též např. doma, mimo školu. Potřebujeme pouze Arduino (např. Arduino UNO) a softwarovou stavebnici „Arduino Lite Remote Lab“, kterou zdarma stáhneme na úvodní stránce [www.ises.info](http://www.ises.info). Upozorňujeme, že NENÍ třeba umět programovat Arduino!

Na desce Arduina sestavíme triviální experiment např. s potenciometrem, který bude vstup, a s relé, které bude výstup. Lokálně i vzdáleně budeme snímat hodnotu potenciometru a ovládat relé. Sestavený hands-on vzdálený experiment bude lokálně na standardním Windows počítači, ke kterému je připojeno Arduino s naším triviálním experimentem. Tentýž experiment ale můžeme snímat a řídit z jiných PC, tabletů, resp. i mobilních telefonů ve třídě a tentýž experiment budeme ovládat např. z domova, jestliže bude náš počítač a Arduinem a experimentem na veřejné IP adrese.

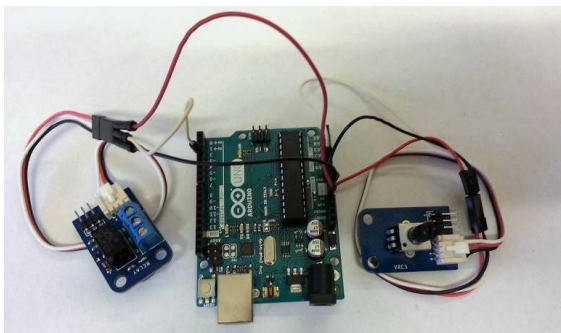
Pomocí softwarové stavebnice „Arduino Lite Remote Lab“ vytvoříme s Arduinem vzdálený experiment umožňující číselné i grafické časové ZOBRAZENÍ jednoho analogového vstupního kanálu (např. potenciometr, teplotní senzor, světelný senzor, aj.), ŘÍZENÍ jednoho digitálního výstupního kanálu (např. relé), ZÁZNAM jednoho analogového kanálu a EXPORT dat do csv formátu např. pro Excel nebo do txt HTML formátu. Přidáme-li WEB kameru, můžeme mít on-line přenos obrazu experimentu.

Software pro vzdálený experiment se instaluje na počítači s Windows (7, 8, 10, 32 i 64 bit). Tento počítač budeme nazývat serverový počítač. Nechť je i na tomto počítači nějaký novější WEB prohlížeč např. Edge, Internet Explorer, Chrome, Firefox, Opera, aj. který podporuje JavaScript. Bude se též hodit např. Excel pro zobrazení exportovaných dat. Pokud si budeme chtít sami instalovat firmware pro vzdálený experiment do Arduina, je vhodné mít nainstalováno na

tomto počítači též prostředí Arduino-IDE (není potřeba, pokud máte Arduino s předem nainstalovaným firmwarem pro vzdálený experiment, pozn. může dodat autor příspěvku).

Malý úvod, jak funguje vzdálený experiment. Vzdálený experiment je aplikace server - klient. Vyžaduje tedy 2 počítače (resp. počítač a SmartPhone, resp. počítač a tablet). Na serverovém počítači bude zapojené Arduino s experimentem a budou zde rovněž spuštěné serverové programy pro měření *MesureServerLite* (je součástí volně šiřitelného balíčku), dále pro přenos WEB kamery serverový program *ImageServer2* (je rovněž součástí volně šiřitelného balíčku) a nějaký WEB server (my používáme *Nginx.exe*, který má své stránky na <http://www.nginx.org>, a je také součástí volně šiřitelného balíčku). V klientském počítači, resp. Smartphonu, resp. tabletu bude pouze standardní WEB browser (Edge, Chrome, Internet Explorer, Firefox, aj.). Na *klientském počítači* spustíme vzdálený experiment zadáním IP adresy *serverového počítače* (např. 193.213.36. 17, resp. např. kdt-20. karlov.mff.cuni.cz), tím se na našem klientském počítači zobrazí uživatelský panel pro ovládání vzdáleného experimentu. Experiment z této webové stránky se již jednoduše a intuitivně ovládá. Můžeme snímat potenciometr, ovládat řízení relé, zaznamenávat a exportovat měřená data. Exportovaná data si můžete ihned prohlédnout např. v programu Excel.

### 1.1 Sestavení hands-on vzdáleného experimentu s Arduinem:



Obr.1 Arduino Uno (vstup potenciometr, výstup-relé) jako ukázka hands-on vzdáleného experimentu

Text tohoto návodu je podrobným návodem na sestavení konkrétního vzdáleného experimentu. Je určen pouze vážným a zvědavým zájemcům. Je rozsáhlý, ale poctivě podrobný.

Na obr. 1 je sestavený hands-on vzdálený experiment s Arduinem.

## **Podrobný návod na sestavení vzdáleného experimentu s Arduinem:**

### *A) Sestavení **hardware** vzdáleného experimentu pro Arduino-Uno*

Jako měřicí hardware je použito např. Arduino-Uno (lze použít i jiné modely Arduino). Jako vstupní PIN je použit A0, jako výstupní PIN je použit D3. Vstupní senzory jsou zapojeny na +5V, GND a vstup A0. Výstupní senzor je zapojen na +5V, GND a výstup D3. Arduino Uno se připojí do USB portu počítače.

### *B) Instalace **software** pro vzdálený experiment pro Arduino-Uno*

Na <http://www.ises.info> si stáhneme zip archiv VirtualLab\_Arduino.zip. Rozbalíme ho a nalezneme zde dva podadresáře

„VirtualLab\_arduino\_demo\_comma“

(je určen pro Windows, která používají desetinnou čárku (CZ, SK aj) a

„VirtualLab\_arduino\_demo\_dot“

(je určen pro Windows, která používají desetinnou tečku (EN, US aj.)

a ReadMe.txt v anglickém jazyce.

Celý adresář „VirtualLab\_arduino\_demo\_comma“ včetně podadresářů nakopírujeme do svého PC, např. přímo na C:\, necháme klidně původní adresář C:\VirtualLab\_arduino\_demo\_comma.

Zde jsou podadresáře „arduino\_firmware“, „bin“ a „pages“.

**B1) Musíme nainstalovat firmware pro vzdálený experiment do desky Arduino-Uno.**

**B2) Musíme nainstalovat serverové aplikace do serverového počítače.**

### *B1) Instalace firmware do Arduino-Uno:*

V dodaném software „VirtualLab\_arduino\_demo\_comma“ je adresář arduino\_firmware, který se musí pomocí základního software Arduino IDE nainstalovat do Arduina-Uno (resp. i do jiných hardwarových klonů Arduino). Budete potřebovat znát číslo COM portu, kam se nainstalovalo Arduino a konkrétní typ hardware Arduino (Uno, Due, Mega aj.). Toto stačí zkušeným uživatelům Arduina.

### Podrobný popis instalace firmware pro začátečníky do Arduina:

Instalace firmware pro Arduino Remote laboratory – nejlepší řešení je nainstalovat si celé vývojové prostředí pro Arduino včetně driverů, knihoven aj. Stáhneme si ho např. ze stránky <https://www.arduino.cc/en/Main/Software> „Download the Arduino Software Arduino 1.6.7“ (instalujte si případně poslední verzi) a spustíme instalační soubor Arduino-1.6.7-Windows.exe. Potvrdíme licenční podmínky a necháme vše nainstalovat, vše potvrdíme.

Na ploše se instaloval program Arduino (symbol nekonečno s minusem a plusem), ve složce Dokumenty se vytvořila složka Arduino. Do této složky budeme importovat všechny potřebné knihovny. Pro informaci jak instalovat knihovny se podívejte na: <http://www.arduino.cc/en/Guide/Libraries>. Import knihoven provádíme buď v Menu programu Arduino 1.6.7 (hlavní menu: Projekt – Přidat knihovnu) nebo snadněji nakopírujeme ve Vašem počítači do složky „libraries“ na „C:\ Dokumenty\arduino\libraries“ naši knihovnu - celý adresář **Remduino**, která se nám rozbalila ve složce (C:\ Virtual-Lab\_arduino\_demo\_comma\arduino\_firmware\libraries). Zatím jsme pouze rozšířili vývojové prostředí Arduino IDE o naši novou knihovnu. Zatím jsme do desky Arduina NIC nenainstalovali!

Nyní nainstalujeme do desky Arduina vlastní program pro vzdálený experiment – tak, jak se to standardně s Arduinem dělá. Zde vás vlastně učíme na-programovat Arduino. Věřím, že to mnozí děláte poprvé, ale vydržte! Pro vzdálený experiment to budeme dělat POUZE jednou.

Samozřejmě zapojíme Arduino do USB portu v počítači. Arduino se nainstalovalo na nějaký COM port v počítači. Zjistíme si číslo tohoto COM portu (např. ve Správci zařízení ve Windows! Zjistíme, že Arduino je např. na COM 3). Nyní nahrajeme do Arduina vlastní program pro vzdálený experiment. V adresáři

C:\ VirtualLab\_arduino\_demo\_comma\arduino\_firmware\Arduino\_demo máme soubor **Arduino\_demo.ino**, který musíme nahrát do desky Arduina. Počukáním na souboru Arduino\_demo.ino se nám otevře programovací prostředí Arduino IDE s naším programem Arduino\_demo.ino. V záložce Nástroje vybereme číslo sériového portu COM, kde se instalovalo naše zapojené Arduino. Dále musíme v záložce Nástroje zvolit typ Arduina (Arduino/Geniuno Uno, resp. Due, Mega aj.). A potom již můžeme nahrát tento program Arduino\_demo.ino do desky Arduina („Šipka doprava“, nahore v hlavním Menu). Začne se programovat, dole na liště se zobrazuje průběh. Pokud se neobjeví

nějaká chybová hláška, máme naprogramováno. Tím jsme dokončili instalaci firmware pro vzdálený experiment pro Arduino. Stačí provést pouze jednou. Z Vašeho Arduina se stal nový jednoúčelový hardware, který umí vzdáleně měřit a řídit. Dále se již s Arduinem nemusí nic programovat. Tvořit se bude WEBovské rozhraní a to s pomocí stavebnice „Arduino Lite Remote lab“, kterou jste si již volně stáhli, viz B2).

### *B2) Instalace software serverových aplikací pro vzdálený experiment do PC:*

Máme již nakopírován celý adresář C:\VirtualLab\_arduino\_demo\_comma se složkami „bin“ a „pages“ na Vašem PC. V těchto adresářích jsou potřebné servery *MeasureServerLite.exe* a *Nginx.exe* a *ImageServer2.exe* a WWW stránky vzdáleného experimentu.

Instalaci vzdáleného experimentu si postupně odzkoušíme na **jednom počítači jako lokální instalaci** a potom na **dvou počítačích** jako skutečný vzdálený experiment. Pozn.: často se využívá, hlavně pro snadnost, možnost spustit na **jednom počítači** jak WEB server, tak i WEB prohlížeč. V tomto případě jsou WEB stránky na lokální adrese 127.0.0.1. Toho využijeme i zde. Vše snadněji odladíme na jednom počítači. To by mělo téměř vždy fungovat. Teprve potom si vyzkoušíme vzdálený experiment na **dvou počítačích**. S dovořením opět velmi podrobně.

## **1.2 První spuštění hands-on vzdáleného experimentu na jednom počítači**

Arduino má nainstalovaný firmware, OK. Na PIN A0 Arduina připojíme nějaký vstupní senzor (např. potenciometr, teplotní senzor, světelný senzor aj.), dále na PIN D3 připojíme nějaký výstupní senzor (např. relé). Arduino zapojíme do USB vstupu počítače (s operačním systémem Windows XP, 7, 8 10). Arduino není třeba externě napájet, stačí USB připojení. V počítači máme zkopírovaný rozbalený adresář

C:\VirtualLab\_arduino\_demo\_comma

včetně všech podadresářů. Pro sledování vzdáleného experimentu lze k počítači připojit též Web Cameru (některé příklady ve vzdáleném experimentu jsou i s podporou kamery, uvidíme variantu příkladů s kamerou a s přeškrtnutou kamerou).

Nyní spustíme všechny softwarové serverové komponenty nutné pro vzdálený experiment (*MeasureServerLite.exe*, *Nginx.exe*, resp. též *ImageServer2.exe* pro WEB kameru).

### ***MeasureServerLite.exe:***

V adresáři C:\VirtualLab\_arduino\_demo\_comma\bin spustíme **MeasureServerLite.exe**

Programu MeasureServerLite.exe ještě musíme říci, na kterém virtuálním COM portu pracuje naše Arduino Uno (to již umíme, zjistíme ho ve Správci zařízení (Device Manager) ve Windows). Toto číslo musíme zapsat do aplikace MeasureServerLite.exe. Spustíme MeasureServerLite.exe. Téměř jistě se objeví hláška *Unable to open port*, která nám říká, že číslo COM portu v dodané instalaci není stejné jako číslo COM portu, kde se nainstalovalo naše Arduino-Uno. Ťukneme myší na nápis *Arduino*, stiskneme tlačítko *Configure selected*. Na kartě *Config* stiskneme tlačítko *Cfg* a potom na kartě *Port selection* zadáme zjištěné číslo COM portu pro Arduino, (např. 3). Potvrdíme OK a ještě jednou OK. Pozn.: odstraníme případné hlášky *Unable to open port*, které nám vyskočily při nesprávném portu. Pokud máme na počítači Firewall, tak na nás opět vyskočí varovná hláška. Klidně ji povolíme.

### ***Nginx.exe***

V adresáři C:\VirtualLab\_arduino\_demo\_comma\pages\nginx\ spustíme **nginx.exe**

Program Ngin.exe nemá samostatné okno, běží na pozadí. Můžeme se přesvědčit ve Správci úloh (Task Manage) ve Windows, že je spuštěn. Je tam vidět 2x, ale to je vlastnost nginx.exe).

(Pozor, nesmíme spustit nginx.exe dvakrát a vícekrát, byl by v Task Manageru vidět 4x a vícekrát a vzdálený experiment by nám nepracoval!). Program Nginx.exe se ukončuje programem Stop.bat

(C:\VirtualLab\_arduino\_demo\pages\nginx\stop.bat). Doporučujeme ho vždy důsledně ukončit, aby nám Nginx.exe neběžel na počítači vícekrát. Pozn.: pokud máme na počítači Firewall, tak na nás opět vyskočí varovná hláška. Klidně ji povolíme.

### ***ImageServer2.exe***

V adresáři C:\VirtualLab\_arduino\_demo\bin\ spustíme **Image server2.exe**

V počítači byste měli mít předem nainstalovanou nějakou libovolnou WEB kameru. Pozn.: často stačí pouze připojit WEB kameru k počítači a ona se sama nainstaluje do Windows. Po spuštění programu ImageServer2.exe je třeba v horním okně vybrat vaši kameru. Asi již uvidíte experiment, případně sebe

v kameře, ale je třeba stisknout ještě tlačítko „Start capture“, aby se video přenášelo vzdáleně. Další parametry neměňte, vše je přednastaveno. Pokud máme na počítači Firewall, tak na nás opět vyskočí varovná hláška. Klidně ji povolíme.

Dále spustíme na **tomtéž počítači** nějaký **WEB prohlížeč**, např. Edge, Chrome, Mozilla Firefox aj. Do prohlížeče a zadáme adresu našeho lokálního počítače, kde je zapojen náš vzdálený experiment. Ta je pro **lokální počítač** vždy „127.0.0.1“, tedy do prohlížeče zadáme adresu 127.0.0.1, resp. 127.0.0.1/index.html, (pozn.: zapisujeme do lišty prohlížeče, tam, kde se zadává např. adresa www.seznam.cz). A prohlížeč nám spustí WWW stránku, kde jsou naše ukázkové pokusy Arduino Remote Experiments (WebCam, Analog input, Digital output, Data Record, Data Export, aj.). Vybereme si ukázkový příklad např. Analog input. Zobrazí se příslušná stránka s číselným a grafickým časovým zobrazením hodnoty vstupního senzoru (např. potenciometru aj.). Postupně si odzkoušíme další příklady. Určitě se najdou odvážlivci, kteří sestaví celé ovládání experimentu WebCam, Analog input, Digital output, Data Record, Data Export do jedné WEB stránky. Stačí pouze „poslepuvat“ tyto příklady dohromady.

**HOTOVO!!!**

Běží nám jednotlivé příklady „vzdáleného experimentu“ s Arduinem na lokální adrese 127.0.0.1. Prozatím vše na jednom a tom samém počítači.

**Toto je klasický počítačem podporovaný reálný experiment. Podobně jako jsme to prováděli s měřicími systémy ISES, Vernier, Pasco aj., tak to nyní provádíme s Arduinem. Hand made jsme sestavili experiment, zde jsme hand made sestavili rovněž i program pro ovládání tohoto experimentu. Zopakujeme ještě jednou – Experiment běží na jednom počítači, např. na demonstračním počítači učitele, resp. na počítačích studentů. Experimenty se provádějí pouze lokálně. Experiment je reálný.**

### **1.3 První spuštění hands-on vzdáleného experimentu na dvou počítačích.**

Vzdálený experiment budeme sledovat a řídit ze *vzdáleného* počítače, či tabletu, či SmartPhonu a experiment bude pracovat na *jiném* počítači, na tzv. serveru.

Dodané ukázkové příklady Arduino Remote Experiments jsou napsané univerzálně jak pro lokální IP adresu tak i pro IP adresu vzdáleného počítače, na



kterém je připojený experiment. (v případě jednoho počítače to byla tzv. lokální IP adresa 127.0.0.1). Reálný vzdálený experiment ale nyní poběží na jiné IP adrese našeho počítače, serveru. Zjistíme si IP adresu našeho počítače, serveru (zadejme příkaz *Ipconfig /all* v příkazové řádce – nejdříve spustit příkaz *cmd* (Command Prompt). Zjistíme např., že adresa našeho počítače je 195.113.73.33, resp. textový tvar této adresy je např. kdt-26.karlov.mff.cuni.cz. Ověření IP adresy našeho počítače konzultujte případně se správcem sítě, s Vaším kolegou, aj.

Na serveru spustíme serverové programy *MeasureServerLite.exe*, *Nginx.exe*, resp. též *ImageServer2.exe* jako v předchozím případě, kdy jsme měli vše na jednom počítači.

Klient nyní bude na druhém počítači, NBK, tabletu, či SmatPhonu. Na **klientském počítači** spustíme pouze nějaký novější prohlížeč, který podporuje JavaScript – např. Edge, Internet Explorer, Mozilla Firefox, Chrome aj. a zadáme do prohlížeče zjištěnou adresu našeho počítače (serveru) se vzdáleným experimentem, např. 195.113.73.33, resp. textový tvar této adresy např. kdt-26.karlov.mff.cuni.cz .

HOTOVO!!!

Po zadání této adresy se nám v prohlížeči zobrazí ovládání vzdáleného experimentu. Zde si již stejným způsobem jako u jednoho počítače odzkoušíme všechny příklady. Jsme propojeni na **dvou počítačích** - serverový počítač s hardwarem Arduino a se souborem ukázkových příkladů vzdálených experimentů a klientský počítač, kde je spuštěn pouze nějaký prohlížeč (browser). Vzdálený experiment nyní opravdu funguje jako server a klient. Opravdu se dá ovládat z libovolného počítače, tabletu i SmartPhonu, který je na Internetu. Na experimentech můžeme provádět měření, řízení i pozorování kamerou. Vyzkoušejte si ještě záznam dat a export dat. Ano i tento jednoduchý příklad má export dat do Excelu (data se dají otevřít přímo v Excelu, \*.csv formát) a též universálně do HTML stránky (\*.txt formát). Data z HTML stránky se přenesou jednoduše přes Clipboard do libovolného programu metodou Copy – Paste. (CTRL+A označit všechna data, CTRL+C kopírovat všechna data a CTRL+V vložit všechna data do požadované aplikace např. do Excelu, do Wordu aj.).

A tato situace je již plnohodnotný vzdálený experiment. Na tento experiment (server) se mohou připojit studenti přímo ve třídě. Škola má často vlastní síť – *Intranet*, do které se připojuje jak učitel, tak i studenti. Učitel má svůj vzdálený experiment na počítači s *Intranetem* školy. Učitel nahlásí

studentům *intranetovou* IP adresu, resp. *internetovou* IP adresu svého serverového počítače (kterou si zjistí výše uvedeným postupem ...cmd – Ip-config /all). Pokud má serverový počítač se vzdáleným experimentem veřejnou *Internetovou* IP adresu, bude možné tento experiment ovládat kdykoliv, odkudkoliv a z libovolných mobilních zařízení. Např. z domova a ze svých mobilních telefonů.

#### 1.4 Co je dále možné?

Představili jsme volně šiřitelnou, plně funkční variantu softwarové stavebnice Arduino Remote Lab - Lite version pro vzdálené experimenty s Arduinem. Verze Lite je omezena pouze na jeden vstup a jeden výstup a na několik základních ukázkových příkladů.

Kromě volně šiřitelé **Lite** verze máme samozřejmě i **plnou verzi** Arduino Remote Lab, která umožňuje snímat 15 vstupů, řídit 15 výstupů, (může jich být i více). Plná verze má též další složitější ukázkové příklady:

Analogový vstup současně pro 1 až 15 vstupů, Analogový výstup pro všechny PWM výstupy, Analogový výstup přes 12 bit D/A převodník, Posuvník (Slider), XY graf, VA-charakteristika, Dlouhodobý časový záznam (např. počasí, či radiačního pozadí, aj.) s výběrem zvoleného časového intervalu, Generování signálu sinus, obdélník, pila aj. pro řízení experimentu. Samozřejmě připravíme i další universální příklady dle Vašeho zadání.

## 2. Závěr – Hands-on vzdálený experiment z hodiny do každé rodiny

Ukázali jsme nové pojetí fyzikálního experimentu, který je zároveň klasický hands-on experiment a zároveň vzdálený experiment. Učitel provádí ve třídě hands-on (počítačem podporovaný) experiment. Tento experiment sledují, ale i ovládají studenti ve třídě prostřednictvím svých tabletů, mobilů aj. A současně je tento experiment přístupný i jako vzdálený experiment externím uživatelům na Internetu. Pokud učitel tento experiment nechá běžet i po výuce, je tento experiment dostupný „z *hodiny do každé rodiny*“ odkudkoliv, komukoliv a kdykoliv na pevných i mobilních zařízeních. Student si experiment může doma zopakovat, vyzkouší si jiné podmínky experimentu, naměří si nová data z experimentu, může si na něm provést *experimentální* domácí úkol aj.

## Literatura

- [1] 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, pp. 109–118, ISBN 978-0-9741252-9-9, 2009.
- [2] Schauer F., Lustig F., Dvorak J., Ozvoldova M., “Easy to build remote laboratory with data transfer using ISES – Internet School Experimental System ISES”, Eur. J. Phys., 29, pp. 753-765, 2008.
- [3] Schauer, F., Ožvoldová, M., Lustig, F., Čerňanský, P.: [Integrated e-learning – new strategy of the cognition of real world in teaching physics](#), to be published: Innovations 2009(USA), World Innovations in Engineering Education and Research iNEER Special Volume 2009.
- [4] Nadire Cavus, Dogan Ibrahim, Is Blended Learning the Solution To Web-Based Distant Engineering Education?, *Online Submission*, Paper presented at the International Educational Technology (IETC) Conference (7th, Nicosia, Turkish Republic of Northern Cyprus, May 3-5, 2007)
- [5] J. Dvorak, P. Kuriscak, F. Lustig, “iSES Remote Lab SDK – internet School Experimental Studio Software Development Kit for Remote Laboratories,” 2013. Business and License Agreement: SME ISES. [Available from www.ises.info/index.php/en/systemises/sdkisesstudio](http://www.ises.info/index.php/en/systemises/sdkisesstudio) [cit. Sep 15 2017]
- [6] Lustig, F., Dvorak, J., Kuriscak, P., Brom, P.: Open modular hardware and software kit for creations of remote experiments accessible from PC and mobile devices, in iJOE International Journal of Online Engineering, Volume 12, Issue 7, pp. 30-36, ISSN 1868-1646, 2016.