

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra experimentální fyziky

# DISERTAČNÍ PRÁCE

**Vzdáleně ovládané experimenty ve výuce fyziky**



Autor:	Mgr. František Látal
Studijní program:	P1701 Fyzika
Studijní obor:	Didaktika fyziky
Školitel:	Doc. RNDr. Roman Kubínek, CSc.
Konzultant:	Mgr. Jan Říha, Ph.D.
Termín odevzdání:	leden 2012

Prohlašuji, že jsem předloženou disertační práci vypracoval samostatně. V disertační práci jsem použil zdroje, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

V Olomouci 16. 1. 2012

.....

Děkuji všem, kteří mě při mém studiu podporovali. V první řadě děkuji své rodině a své přítelkyni Petře. Dále děkuji svým kamarádům: Danovi Krhánkovi, Kubovi Navaříkovi, Honzovi Gregorovi, Jindrovi Honkovi, Marušce Volné a Michalu Kolářovi. Děkuji také kolegům z Katedry experimentální fyziky PřF UP v Olomouci Lukáši Richterovi, Honzovi Říhovi, Renatě Holubové, Jirkovi Pechouškovi, Luděkovi Bartoňkovi a Romanu Kubínkovi i všem dalším zaměstnancům katedry, kteří mi při mém studiu pomáhali radou či odbornou konzultací. Bez podpory mého okolí bych nikdy nedokázal dosáhnout těchto výsledků. Za rady a inspiraci děkuji i doc. Františku Lustigovi z MFF UK v Praze.

## Bibliografická identifikace:

Jméno a příjmení autora:	Mgr. František Látal
Název práce:	Vzdáleně ovládané experimenty ve výuce fyziky
Typ práce:	Disertační
Pracoviště:	Katedra experimentální fyziky
Školitel:	doc. RNDr. Roman Kubínek, CSc.
Konzultant:	Mgr. Jan Říha, Ph.D.
Rok obhajoby práce:	2012
Klíčová slova:	dotazníkové šetření, experiment, fyzika, internet, vzdáleně ovládaný experiment
Počet stran:	109
Počet příloh:	35
Jazyk:	Český

### Abstrakt:

Tato práce popisuje vzdáleně ovládané experimenty, které byly vytvořeny na Katedře experimentální fyziky v Olomouci a jsou přístupné z webové adresy <http://ictphysics.upol.cz/remotelab> (Voltampérové charakteristiky šesti různých zdrojů světla, Určení tíhového zrychlení z doby kmitu matematického kyvadla, Studium proudění vody v soustavě trubic, Meteorologická stanice na PřF UP v Olomouci a Monitorování radioaktivního pozadí v Olomouci). V práci je také uveden souhrn českých i zahraničních vzdálených laboratoří, které jsou vhodné pro výuku fyziky na střední škole. Disertační práce obsahuje výsledky dotazníkového šetření, které zjišťuje postoje studentů a učitelů na vzdáleně ovládané měření a aktuální četnost používání těchto experimentů ve výuce fyziky na středních školách.

## Bibliographical identification:

Author's first name and surname:	Mgr. František Látal
Title:	Remotely controlled experiments in teaching physics
Type of thesis:	Dissertation
Department:	Department of Experimental Physics
Supervisor:	doc. RNDr. Roman Kubínek, CSc.
Consultant:	Mgr. Jan Říha, Ph.D.
The year of presentation:	2012
Keywords:	experiment, internet, physics, remote controlled experiment, survey
Number of pages:	109
Number of appendices:	35
Language:	Czech

### Abstract:

This dissertation describes remotely controlled experiments, which were created at the Department of Experimental Physics in Olomouc. These experiments are accessible from the web address <http://ictphysics.upol.cz/remotelab> (Volt-ampere characteristics of six different light sources, Determination of gravity from the period of oscillation of the mathematical pendulum, Study of water flow in the system of tubes, Weather station at Palacky University in Olomouc and Monitoring of radioactive background in Olomouc). The paper also summarizes the Czech and foreign remote laboratories, which are suitable for teaching physics in secondary school. Dissertation contains the results of the survey, which identifies attitudes of students and teachers to remotely controlled measurement and the current frequency of use of these experiments in teaching physics in secondary schools.

# Obsah

1	Úvod.....	8
2	Experimenty ve výuce fyziky .....	11
2.1	Základní klasifikace fyzikálních experimentů .....	12
2.1.1	Počítačem ovládané experimenty .....	14
2.1.1.1	Klasické počítačem ovládané školní systémy .....	14
2.1.1.2	Virtuální experimenty.....	21
2.1.1.3	Vzdáleně ovládané experimenty .....	22
3	Vzdáleně ovládané experimenty ve výuce fyziky na SŠ .....	24
3.1	Výhody x nevýhody vzdáleně ovládaných experimentů .....	26
3.2	Vzdáleně ovládané laboratoře v České republice a na Slovensku.....	29
3.3	Vzdáleně ovládané laboratoře ve světě.....	31
3.4	Pracovní listy, řešení pro učitele a videonávody .....	33
4	Vzdáleně ovládané experimenty na PřF UP v Olomouci .....	36
4.1	Experiment č. 1: Voltampérové charakteristiky šesti různých zdrojů světla.....	38
4.1.1	Využití experimentu č. 1 při tradiční formě výuky .....	43
4.2	Experiment č. 2: Určení tíhového zrychlení z doby kmitu matematického kyvadla.....	47
4.3	Experiment č. 3: Studium proudění vody v soustavě trubic .....	52

4.3.1	Využití experimentu č. 3 při tradiční formě výuky .....	61
4.4	Experiment č. 4: Meteorologická stanice na PřF UP v Olomouci.....	62
4.5	Experiment č. 5: Monitorování radioaktivního pozadí v Olomouci .....	64
5	Dotazníkové šetření .....	69
5.1	Výběr respondentů dotazníkového šetření.....	70
5.2	Podmínky sestavování a zadávání dotazníkového šetření .....	71
5.3	Analýza dat získaných v první části dotazníkového šetření .....	73
5.4	Analýza dat získaných v druhé části dotazníkového šetření.....	89
5.5	Analýza dat získaných v poslední části dotazníkového šetření .....	97
6	Závěr .....	101
	Seznam zkratk .....	104
	Seznam zdrojů.....	105
	Přílohy.....	110

*Motto:*

*Když nemůžete jít do laboratoře,  
musí jít laboratoř k vám.*

# 1 Úvod

Výrazný rozvoj informačních a komunikačních technologií (ICT) a především značný rozmach internetu přináší nové možnosti do hodin fyziky na všech stupních vzdělávacího procesu. Učitelé (především učitelé fyziky a technicky zaměřených předmětů) by měli být otevřeni nejmodernějším technologiím a měli by je začleňovat do výuky svých předmětů. V opačném případě hrozí, že *současná příprava studentů na problémy budoucnosti bude probíhat pomocí pomůcek a nástrojů z minulosti* (Dormido, 2002). Internet tvoří neodmyslitelnou součást našich každodenních životů. Finanční transakce, nákupy zboží a služeb, vzájemná komunikace, hledání nových poznatků a informací, čtení knih, novin a sledování filmů, to je jen zlomek věcí, ke kterým dnes automaticky využíváme možnosti internetu. Efektivní využití internetu při výuce fyziky nebo při fyzikálním měření ovšem nepatří mezi časté jevy na středních školách v ČR.

Cílem této disertační práce je připravit několik tzv. vzdáleně ovládaných experimentů, které budou sloužit pro výuku fyziky především na středních školách v České republice. Vzdáleně ovládané experimenty jsou experimenty, které jsou sestaveny z reálných fyzikálních pomůcek a přístrojů, ale lze je ovládat (24 hodin denně, 7 dní v týdnu) prostřednictvím internetu z libovolného místa na světě. Tento (nikoliv nový, ale v současné době ne zcela využívaný) typ experimentů budí v mnoha lidech velmi silné emoce, buď značně pozitivní, nebo značně negativní. Naším cílem není nahradit klasické školní „face to face“ pokusy vzdáleně ovládanými experimenty, ale nabídnout



učitelům SŠ a jejich žákům další alternativu experimentální činnosti ve fyzice. Hledání nových cest pro zvýšení zájmu mladých lidí o experimentování ve fyzice a představení nových, moderních trendů v této oblasti je dalším z cílů této disertační práce.

Tato disertační práce je rozdělena do čtyř základních kapitol. Cílem první kapitoly s názvem *Experimenty ve výuce fyziky* bylo shrnout základní nabídku (především) počítačem ovládaných fyzikálních experimentů a popsat přednosti a nedostatky jednotlivých systémů (školních měřicích souprav vhodných pro výuku fyziky na SŠ), které se na českém trhu objevují.

Cílem druhé kapitoly s názvem *Vzdáleně ovládané experimenty ve výuce fyziky na SŠ* bylo vysvětlit základní princip těchto experimentů, popsat různé přístupy při jejich tvorbě, charakterizovat jejich základní výhody i nedostatky, zmapovat současný stav těchto experimentů pro výuku fyziky v České republice i v zahraničí a také vytvořit materiály, které by učitelů fyziky (především středních škol) usnadnily zařazení těchto experimentů do své výuky.

Cílem třetí kapitoly *Vzdáleně ovládané experimenty na PřF UP v Olomouci* bylo popsat experimenty, které byly vytvořeny na Katedře experimentální fyziky PřF UP v Olomouci. V průběhu posledních tří let bylo postupně vytvořeno pět vzdáleně ovládaných experimentů (*Voltampérové charakteristiky šesti různých zdrojů světla*, *Určení tíhového zrychlení z doby kmitu matematického kyvadla*, *Studium proudění vody v soustavě trubic*, *Meteorologická stanice na PřF UP v Olomouci*, *Monitorování radioaktivního pozadí v Olomouci*), které byly umístěny na webové stránce <http://ictphysics.upol.cz/remotelab/>. Z této webové stránky mohou uživatelé experimenty vzdáleně ovládat a získaná (změřená) data dále stahovat do svých počítačů a tam je zpracovávat či např. využívat pro vzdělávací účely. Nami vytvořená vzdáleně ovládaná laboratoř (s volným přístupem, 24 hodin denně, každý den v roce, bez nutnosti registrace) lze zařadit mezi pět nejlepších vzdáleně ovládaných laboratoří (vhodných pro výuku fyziky na SŠ) v celosvětovém srovnání.

Poslední ze základních kapitol s názvem *Dotazníkové šetření* se zabývá dotazníkovým průzkumem, který byl proveden mezi učiteli fyziky středních škol z Olomouckého a Moravskoslezského kraje a také mezi studenty PřF UP v Olomouci. Dotazník ve své

první části zjišťoval četnosti využívání různých typů experimentů v hodinách fyziky na SŠ (se zaměřením na experimenty s využitím počítače a internetu) a ve své druhé části byly zkoumány konkrétní postoje dotazovaných k námi vytvořenému vzdáleně ovládanému experimentu.

Podstatnou část této disertační práce tvoří také *Přílohy*, kde jsou mj. umístěny vytvořené pracovní listy pro žáky ZŠ a SŠ a materiály pro učitele SŠ, které jsou vhodné pro výuku fyziky s využitím vzdáleně ovládaných experimentů. Na přiloženém CD k této práci jsou navíc umístěny videonávody pro práci s vybranými vzdáleně ovládanými experimenty. Tyto studijní materiály (pracovní listy a videonávody) jsou také volně dostupné na internetové adrese <http://ictphysics.upol.cz/remotelab/>, odkud je mohou libovolní zájemci (učitelé, žáci) bez omezení stahovat a dále využívat.

## 2 Experimenty ve výuce fyziky

Fyzikální experimenty hrají klíčovou roli při výuce fyziky na základních, středních i vysokých školách a mají potenciál zvýšit (v současné době velmi malý) zájem studentů o studium fyziky a motivovat je při zkoumání a objevování přírodních jevů a zákonitostí kolem nás. Z některých průzkumů (např. Svoboda, 2009, nebo kapitola č. 5 této práce) však bohužel vyplývá, že podíl žákovských pokusů nebo pokusů učitelů zabírá v průměru na základních a středních školách velmi malé procento vyučovací hodiny fyziky. *Význam reálného (avšak i simulovaného) experimentu pro fyziku jako vědu i pro vyučovací předmět je značný – umožňuje nejen dokonalé poznávání přírody (a chápání přírodních jevů), ale také významně přispívá k rozvoji osobnosti civilizovaného člověka* (Vybíral, 2011).

V dnešní době není pochopitelně možné experimentovat stejně jako před 50 lety, fyzikální pokusy musí vycházet z každodenní praxe současných studentů, kteří místo do papírových sešitů píší úkoly do přenosných notebooků či netbooků, grafy vykreslují v multimediálních iPadech,<sup>1</sup> knihy čtou pomocí elektronických čteček, využívají malé kapesní přenosné počítače PDA s dotykovou obrazovkou a značnou část svého volného času tráví na sociálních sítích a brouzdáním po internetu, kde mohou ihned nalézt potřebné informace k libovolné problematice.

V současné době by mělo být zcela automatické využívání počítače ve výuce fyziky (zda tomu tak doopravdy je, je podrobněji rozebráno v kapitole č. 5 této práce) a lze

---

<sup>1</sup> Např. ZŠ v České Kamenici používá při výuce některých předmětů iPady místo klasických papírových učebnic (IHNEC.CZ, 2011).

předpokládat, že také internet se brzy stane nedílnou a neodmyslitelnou součástí výuky na našich školách. Všudypřítomnost internetu jako informačního a komunikačního média otvírá širokou škálu možností pro jeho využití a to i v oblasti provádění školních fyzikálních experimentů.

## 2.1 Základní klasifikace fyzikálních experimentů

Jak můžeme obecně definovat fyzikální experiment? Podle jakých kritérií lze fyzikální experimenty rozdělit? V knize *Didaktika fyziky* (Kašpar, 1978) se za fyzikální pokus považuje *děj uměle navozený, a to tak, aby byly zajištěny podmínky, které jsou důležité pro jeho průběh. Přitom jde o to, aby tyto podmínky mohly být při opakování pokusů zachovány stejné nebo aby se daly vhodně obměňovat.* Podle současných hledisek lze fyzikální experiment charakterizovat následovně (Vybíral, 2006; Mechlová, 1999): *Jedná se o vědeckou metodu, při níž se uměle (tj. za účasti výzkumníka) navodí děj s předem stanovenými podmínkami tak, aby jej bylo možné za stejných podmínek opakovat. Při probíhajícím experimentu objektivně sledujeme měřením pomocí přístrojů vzájemnou závislost fyzikálních veličin za působení co nejmenšího počtu rušivých vlivů. Experiment je prostředkem poznání a současně specifickou formou praxe. Získané výsledky zobecňujeme do formy fyzikálního zákona (obvykle popsáno matematickým modelem), přičemž jeho správnost ověřujeme dalšími pokusy.*

Experimenty se dají roztrždit do několika kategorií a podkategorií. Jedna z možností, jak lze experimenty dělit, je zobrazena v následujícím přehledu (A-E).

Experimenty lze dělit:

- A. podle logické povahy**
  1. kvalitativní experimenty
  2. kvantitativní (vědecké) experimenty

- B. podle osoby, která provádí pokus**
  - 1. experimenty prováděné učitelem
  - 2. experimenty prováděné žáky
  
- C. podle organizační formy výuky**
  - 1. demonstrační experimenty
  - 2. frontální experimenty
  - 3. skupinové experimenty
  - 4. laboratorní experimenty
  - 5. domácí experimenty
  
- D. podle didaktické role a zařazení**
  - 1. heuristické (objevné) experimenty
  - 2. motivační experimenty
  - 3. verifikační (ověřovací) experimenty
  - 4. aplikační experimenty
  - 5. historické experimenty
  - 6. opakující a prohlubující experimenty
  
- E. podle použitých prostředků**
  - 1. reálné experimenty
  - 2. myšlenkové experimenty
  - 3. počítačem ovládané experimenty

Různých forem a přístupů k experimentování ve fyzice existuje velmi mnoho. Z hlediska této práce se budeme zajímat výlučně o kategorii *E* (rozdělení experimentů podle použitých pomůcek) a dokonce pouze jen o jednu její podkategorii *E3* (počítačem ovládané experimenty), kterou podrobně rozebereme v podkapitole 2.1.1.

## 2.1.1 Počítačem ovládané experimenty

Počítačem ovládané experimenty neboli experimenty k jejichž provedení, resp. zpracování dat a přímé analýze, je potřeba počítač lze rozdělit do tří základních kategorií:<sup>2</sup> klasické počítačem ovládané školní systémy, virtuální experimenty a vzdáleně ovládané experimenty.

### 2.1.1.1 Klasické počítačem ovládané školní systémy

Na českém trhu existuje poměrně bohatá nabídka školních měřicích systémů, které lze použít pro počítačem podporované experimentování v hodinách fyziky na základních, středních i vysokých školách (přehled těch nejčastěji používaných je uveden v následující části této kapitoly I-VII). Ve většině případů se jedná o univerzální měřicí systémy od renomovaných českých či zahraničních výrobců, které umožňují provádět experimenty i v dalších přírodních a technických předmětech (např. chemie (Stratilová, 2009), biologie, elektronika).

#### I. ISES (<http://ises.info/>)

Školní experimentální systém ISES je vytvořený doc. Františkem Lustigem z MFF UK v Praze a využívá se již řadu let pro měření a řízení experimentů ve výuce fyziky na mnoha českých a slovenských školách. Tato souprava se skládá z měřicí ADDA karty, která se zasouvá přímo na sběrnici počítače (dříve ISA dnes výhradně PCI). K této kartě se připojuje měřicí panel *ISES Professional* (případně *ISES BASIC*, *ISES*

---

<sup>2</sup> V tomto dělení by se dalo uvažovat ještě o další (čtvrté) skupině počítačem podporovaných experimentů. Tato třída by neobsahovala fyzikální přístroje či pomůcky, ale pouze fyzikální programy, které jsou schopny analyzovat různé fyzikální děje prostřednictvím počítače. Např. z učiva akustiky se nabízí volně stažitelné programy Soundcard Oscilloscope ([http://www.zeitnitz.de/Christian/scope\\_en](http://www.zeitnitz.de/Christian/scope_en)) nebo Audacity (<http://audacity.sourceforge.net/>). Pro manuální videoanalýzu fyzikálních jevů pomohou programy Tracker (<http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/>) nebo AviStep (<http://mcpd.pagesperso-orange.fr/Avistep/Avistep.html>) a pro automatickou videoanalýzu program VIANA (<http://didaktik.physik.uni-essen.de/viana/>) apod.

*PRO PCI*) a k němu jednotlivá čidla. Pro výuku fyziky nabízí ISES cca 20 různých čidel (např. siloměr; teploměr; voltmetr; ampérmetr apod.). Naměřená data se zpracovávají v softwaru *ISESWIN*. Novinkou roku 2010 je systém *ISES Blue* (Lustig, 2011b), který umožňuje na základě technologie bluetooth snímat veličiny bezdrátově až na vzdálenost 10 m.



**Obr. 2.1** Produkty systému ISES (zleva): sada čidel, měřicí karta a měřicí panel; čidlo optická závora; systém ISES Blue (<http://ises.info>).

Před 10 lety byl ISES jedničkou na českém trhu počítačem podporovaných fyzikálních experimentů. V současné době se na školách v ČR zvyšuje počet experimentálních sestav od zahraničních výrobců (Vernier, Pasco). Jednoznačnou nevýhodou ISESu je absence moderního dataloggeru, nekompatibilita jeho čidel se senzory ostatních výrobců a malý trh omezený pouze na Českou a Slovenskou republiku. Naopak za výhodu lze považovat odolnost systému proti mechanickému zničení, velmi kvalitní software *ISESWIN* a možnost komunikovat s výrobcem při případných problémech, nebo při tvorbě měřicího modulu na zakázku. Dalším pozitivem tohoto univerzálního systému je možnost jeho využití i při experimentech z biologie (Balek, 2011) a měření fyzikálních veličin na lidském těle (EKG, EEG, srdeční tep, krevní tlak apod.). V současné době probíhá modernizace soupravy ISES a vznikají moduly, které ke svému používání již nepotřebují žádnou měřicí ADDA kartu v počítači (systém ISES Blue; USB měřicí moduly; bezdrátový GPS datalogger a bezdrátový 3 osý akcelerometr).

## II. PASCO (<http://www.pasco.com/>, <http://www.pasco.cz/>)

Pasco je americká firma, která již více než 45 let poskytuje pedagogům po celém světě školní experimentální soupravy pro výuku přírodních věd (na základních, středních

i vysokých školách). V České republice je zastoupena firmou PROFIMEDIA Science Education. Produkty firmy Pasco se skládají z různých typů měřicích rozhraní, senzorů a softwaru *DataStudio*, který vyhodnocuje a analyzuje naměřená data.

Rozhraní *SPARKLink*, *USBLink* a *PowerLink* umožňují pouze přímé propojení (komunikaci) mezi sondami a počítačem. Rozhraní *Xplorer Datalogger* a *XplorerGLX* nabízejí kromě přímého připojení čidel k počítači i měření v terénu mimo dosah počítače. Rozhraní *AirLink2* a *AirLink SI* zajišťují bezdrátový přenos dat na principu bluetooth v rozsahu 10 m, tyto poslední dvě zmíněné rozhraní umožňují mj. shromažďování a analyzování naměřených dat prostřednictvím iPhoneů a iPodůTouch. Asi za nejatraktivnější rozhraní lze pokládat plnohodnotný mobilní přístroj *SPARK* s barevným, dotykovým displejem a USB porty pro přímé propojení s flash disky nebo s tiskárnou.

Pro experimentování ve fyzice nabízí Pasco více než 60 senzorů, které se připojují prostřednictvím rozhraní k počítači (např. senzor magnetického pole; senzor elektrického náboje; senzor počasí; senzor tlaku; senzor alfa, beta a gama záření; senzor průtoku; akcelerometr; teplotní čidla apod.).



**Obr. 2.2** Produkty firmy Pasco (zleva): sada čidel a XplorerGLX; datalogger SPARK; rozhraní AirLink2 (<http://www.pasco.com>).

Společnost Pasco patří v současnosti mezi dva nejlepší výrobce počítačem podporovaných fyzikálních experimentů na českém trhu (na srovnatelné úrovni se pohybují produkty společnosti Vernier). Pasco nabízí dostatečné množství vlastních sond, širokou škálu kvalitních rozhraní, základní datalogger i datalogger s barevným a dotykovým displejem. Významným faktorem je i velké množství výukových materiálů, manuálů a demonstračních videí pro výuku fyziky se systémem Pasco (jak v anglickém, tak českém jazyce).

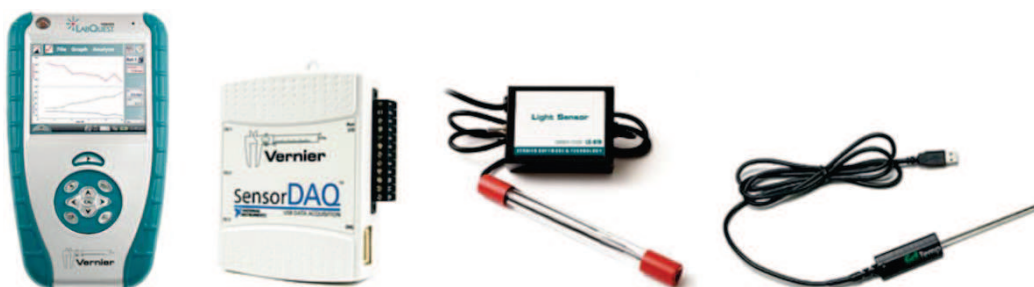


### III. VERNIER (<http://www.vernier.cz/>, <http://www.vernier.com/>)

Tato americká firma nabízí již 30 let školní měřicí soupravu, která se skládá z rozhraní, čidel a softwaru *LoggerPro*. V České republice je zastoupena společností Edufor, která se stará (zásluhou Mgr. Jakuba Jermáře a Mgr. Pavla Böhma z MFF UK v Praze) o raketový boom těchto pomůcek na český trh.<sup>3</sup>

Základním produktem této společnosti je rozhraní *LabQuest*. Tento datalogger s barevným dotykovým displejem je určený pro samostatné měření v terénu, ale lze jej přes USB připojit také k počítači a naměřená data analyzovat prostřednictvím softwaru *LoggerPro*. Další (jednodušší) rozhraní, které slouží k propojení počítače a čidel jsou *Go!Link*, *LabQuest Mini* a *LabPro*. Pro komunikaci mezi sondami Vernier a softwarem *LabVIEW* od firmy National Instruments slouží rozhraní *Vernier SensorDAQ*.

Další obrovskou předností tohoto výrobce je nabídka více než 40 čidel pro počítačem podporované fyzikální experimentování (např. luxmetr; wattmetr; čidlo rychlosti toku; siloměry apod.), které jsou navíc v mnoha případech kompatibilní s rozhraními dalších výrobců (např. s rozhraním *CoachLabII*). Teplotní čidlo *GO!Temp* je dokonce možno připojit do počítače přímo USB kabelem bez nutnosti rozhraní.



**Obr. 2.3** Produkty firmy Vernier (zleva): datalogger LabQuest; rozhraní Vernier SensorDAQ; čidlo luxmetr a teploměr Go!Temp (<http://www.vernier.com>).

Firma Vernier nabízí v současné době asi nejkvalitnější datalogger na českém trhu, velké množství vlastních čidel, které jsou v mnoha případech kompatibilní

---

<sup>3</sup>Dle jednoduché analýzy největší konference v České republice pro učitele fyziky všech stupňů škol (Veletrh nápadů učitelů fyziky) zjistíme, že do roku 2007 se na této konferenci neobjevil žádný příspěvek (dle zveřejněných abstraktů), který by se věnoval přístrojům firmy Vernier. V roce 2008 byl prezentován jeden příspěvek a v roce 2010 již sedm účastníků této konference vystoupilo s různými nápady, jak experimentovat s pomůckami firmy Vernier v hodinách fyziky (<http://kdf.mff.cuni.cz/veletrh/>).

i s rozhraními jiných výrobců, návody a manuály k experimentům (zatím především v anglickém jazyce, ale postupně vznikají i materiály v českém jazyce) a animace pro experimentování s přístroji.

#### IV. COACH (<http://www.cma-science.nl/>)

Nizozemská firma CMA (Centre for Microcomputer Applications) vyrábí školní měřicí systém, který se skládá z měřicího rozhraní, čidel a softwaru *Coach 5*, resp. *Coach 6*, který vyhodnocuje a analyzuje naměřená data. V České republice je zastoupena firmou PEPEKO–Consultans.

Firma poskytuje jedno základní rozhraní *CoachLabII* (resp. mírně zmodernizovanou verzi *CoachLabII+*), které umožňuje přímou komunikaci čidel s počítačem prostřednictvím USB kabelu. Dále nabízí dvě jednodušší rozhraní *€Lab* a *€Sense* a datalogger *ULAB*, který se hodí spíše na sběr dat v terénu, než na přímou analýzu. K tomuto dataloggeru lze připojit až 6 senzorů současně. Firma CMA nabízí více než 50 čidel pro fyziku, ale většina z jejich nabídky jsou čidla firmy Vernier, které jsou s rozhraním *CoachLabII* i dataloggerem *ULAB* kompatibilní.



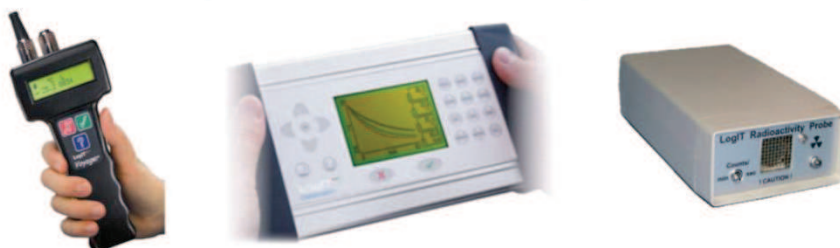
**Obr. 2.4** Produkty firmy CMA (zleva): rozhraní CoachLabII; čidlo termoelektrický článek; datalogger ULAB (<http://www.cma-science.nl/>).

Největším kladem tohoto systému je kvalitní software, který umožňuje komplexní analýzu a zpracování naměřených dat a také videoanalýzu fyzikálních jevů. Pozitivním faktorem je rovněž kompatibilita se sondami od firmy Vernier. Datalogger *ULAB* ovšem nemůže konkurovat dataloggerům jiných firem. Nedostatkem je absence kvalitních webových stránek v českém jazyce a nízký počet výukových materiálů, pracovních listů a návodů k provádění experimentů.

**V. LogIT** (<http://www.muypokojicek.unas.cz/www.eduxe.cz/logitworld/>,  
<http://www.logitworld.com/>)

Anglická firma DCP Microdevelopments byla založena v roce 1981 a orientuje na měření a záznam dat fyzikálních veličin prostřednictvím počítače. Distributorem tohoto výrobce pro Českou republiku je společnost EDUXE.

Tato společnost nabízí jednak klasické rozhraní *LogIT eXperiment*, *LogIT Live* a *LogIT Black Box*, které umožňují pouze přímé propojení počítače a měřicích sond. Rozhraní *LogIT DataMeter* a *LogIT Voyager* umožňují navíc sběr dat v terénu, ale analýza naměřených hodnot se provádí v počítači prostřednictvím softwaru *LogIT Lab3*. Měření, záznam a analýzu dat přímo v dataloggeru nabízí rozhraní s názvem *LogIT DataVision*. Firma nabízí cca 20 senzorů pro fyziku (např. senzor radioaktivity; tlaku plynu; vzdálenosti; elektrického proudu apod.).



**Obr. 2.5** Produkty firmy DCP Microdevelopments (zleva): rozhraní LogIT Voyager; rozhraní LogIT DataVision; senzor radioaktivity (<http://www.logitworld.com/>).

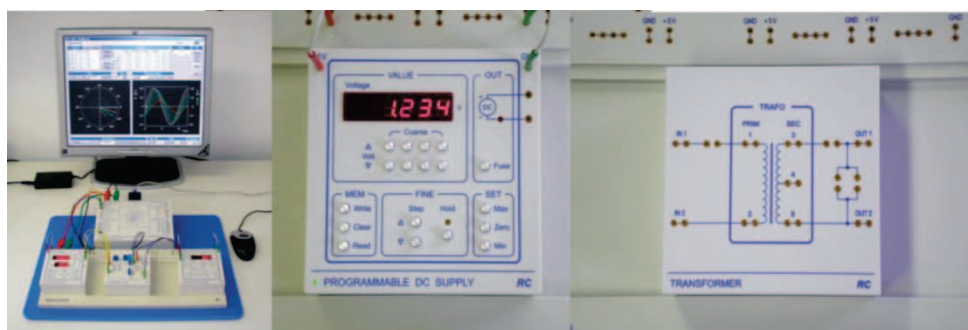
Produkty firmy DCP Microdevelopments se na českých školách moc neobjevují. Soupravy LogIT působí spíše dojmem technických měřicích zařízení, než výukových přístrojů. Mezi nedostatky těchto pomůcek dále patří absence výukových materiálů, nekompatibilita sond s ostatními výrobci a jejich nedostatečné množství pro výuku fyziky.

**VI. RC Didactic** (<http://www.rcdidactic.cz>)

Tato česká firma se specializuje na vývoj a výrobu učebních pomůcek pro elektroniku, elektrotechniku, řídicí a digitální techniku s podporou počítače. Základním prvkem této

soupravy je ADDA panel, který komunikuje s počítačem pomocí USB nebo sériové linky a zajišťuje sběr a zpracování měřených dat. K analýze těchto dat se využívá software *μLAB*. K základnímu panelu lze připojit řadu aktivních a pasivních prvků a také přístrojové, číslicové a regulační moduly (např. bipolární tranzistor; tyristor; voltmetr; generátor funkcí apod.).

Firma RC Didactic se nezaměřuje na komplexní řadu fyzikálních přístrojů ze všech oblastí fyziky, ale pouze na pomůcky pro elektřinu a elektroniku, což může být výhodné pro odborné elektrotechnické či průmyslové školy. Pro základní školy a všeobecná gymnázia je tato orientace na jednu vybranou oblast naopak nevýhodou.



**Obr. 2.6** Produkty firmy RC Didactic (zleva): modulový výukový systém rc2000 – *μLAB*; programovatelný zdroj napětí; modul transformátoru (<http://www.rcdidactic.cz>).

## VII. PHYWE (<http://www.phywe.cz/>, <http://www.phywe.com/>)

Německá firma PHYWE byla založena již v roce 1913 pod názvem "Physikalische Werkstätte" (fyzikální dílna). Výhradním dovozcem pro Českou republiku je firma Artemis spol. s r.o.

K počítačem ovládaným experimentům je potřeba interface *Cobra3 Basic-Unit* nebo bezdrátové rozhraní *Cobra4 Wireless-Link*, které umožňuje měřit až do vzdálenosti 20 m od počítače. Rozhraní *Cobra4 Mobile-Link* lze použít jako datalogger na měření v terénu. K těmto rozhraním se připojují měřicí senzory (např. snímač dopadu; světelná závora; mikrofon; senzor proudu a napětí apod.). Vyhodnocení naměřených dat prostřednictvím počítače je realizováno softwarem *measureCobra3*, resp. *measureCobra4*.



**Obr. 2.7** Produkty firmy PHYWE (zleva): interface Cobra3 Basic-Unit; interface Cobra4 Wireless-Link; experiment Stirlingův motor (<http://www.phywe.com>).

Výhodou je, že kromě rozhraní a senzorů nabízí PHYWE více než tisíc kompletních fyzikálních experimentů (např. Stirlingův motor; fotoelektrický jev; Dopplerův jev; Franckův-Hertzův pokus apod.). Na českých základních a středních školách se však tyto soupravy neobjevují, a to především kvůli své vysoké ceně. K experimentům neexistuje dostatek výukových materiálů v českém jazyce a ani nabízený datalogger neumožňuje tolik interaktivních funkcí, jako datalogger od konkurence. S experimenty od firmy PHYWE se můžeme setkat v České republice pouze na vysokých školách.

### 2.1.1.2 Virtuální experimenty

Druhým typem počítačem podporovaných experimentů jsou tzv. virtuální experimenty. Jedná se především o aplety (resp. physlety = fyzikální aplety), což jsou většinou zdrojové kódy v jazyce Java nebo podobných programovacích jazycích. Ve virtuálních laboratořích se nepracuje se skutečnými měřicími přístroji, ale pouze s virtuálními objekty a se skutečnými reálnými laboratoři nemají mnoho společných rysů. Fyzikálních apletů (virtuálních simulací a animací) lze na webových stránkách najít obrovské množství a jsou většinou volně přístupné libovolnému uživateli.<sup>4</sup> Jedny z nejdokonalších virtuálních experimentů lze nalézt na webové stránce Physics

---

<sup>4</sup>Již od roku 2002 lze na webové adrese <http://www.mptl.eu/evaluations.htm> nalézt seznamy doporučených výukových multimediálních materiálů (jedná se především o webové stránky z java apletů a interaktivními flash simulacemi a animacemi) z různých oblastí fyziky. Tyto odkazy jsou průběžně doplňovány a v současné době zde lze nalézt cca 140 doporučených webových stránek.

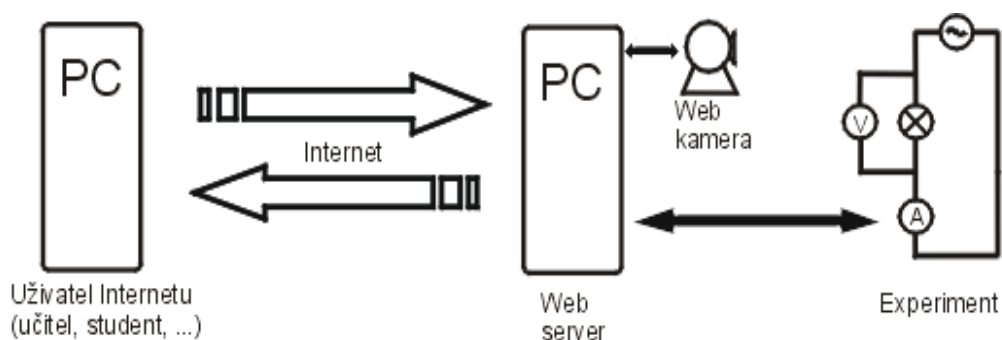
Education Technology – University of Colorado (<http://phet.colorado.edu/>). Zde se nachází cca 100 vysoce interaktivních simulací (nejenom z fyziky, ale také např. z biologie, chemie a matematiky). Mezi základní cíle autorů těchto simulací patří *zvýšení zájmu studentů, zlepšení jejich učení a zlepšení jejich přístupu k učení* (Wieman, 2008). Další kvalitní virtuální simulace vhodné pro výuku fyziky na SŠ lze nalézt na webových stránkách Waltera Fendta (<http://www.walter-fendt.de/>), nebo na stránkách NTNUJAVA Virtual Physics Laboratory (<http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/>).

Výhodou těchto simulací je jejich naprostá univerzálnost. Učitelé mohou názorně demonstrovat libovolný fyzikální děj (od jevů z oblasti mikrosvěta po simulace procesů probíhajících ve vesmíru), což v reálných školních fyzikálních laboratořích není možné nikdy dokázat a navíc nemusí kupovat žádné fyzikální pomůcky. Učitelé také mohou (i bez znalosti programování) vytvářet i své vlastní aplety, např. pomocí programu Interactive Physics nebo s využitím volně stažitelného programu Easy Java Simulations (<http://www.um.es/fem/Ejs/>).

### **2.1.1.3 Vzdáleně ovládané experimenty**

Oblastí, která je ovšem v současné době trochu v pozadí za java simulacemi (dle četnosti využívání v hodinách fyziky, viz kapitola č. 5) jsou tzv. vzdáleně ovládané experimenty. Tento typ experimentů stojí na rozhraní mezi reálnými (tradičními) experimenty a virtuálními simulacemi. Uživatel (učitel, student) nepracuje přímo s experimentem ve své laboratoři (jak je tomu např. při tradiční experimentální „face to face“ činnosti), ale ovládá a měří experiment prostřednictvím internetu z webové stránky. Na rozdíl od virtuálních simulací, experimenty, které studenti ve vzdáleně ovládaných laboratořích ovládají, jsou skutečné, sestavené ze skutečných fyzikálních přístrojů. Tyto přístroje mají své chyby měření, rozsahy a limity, které jsou dány kvalitou a specifikací každého přístroje. *Vzdáleně ovládané experimenty přinesly revoluci v možnostech fyzikálního měření, protože umožňují téměř okamžité srovnání teoretických tvrzení, virtuálních simulací a reálných experimentálních výsledků*

(Fjeldly, 2003). Vzdáleně ovládané experimenty jsou prostřednictvím internetu dostupné pro libovolného zájemce z libovolného místa na světě v libovolném čase. Podrobný popis těchto experimentů je rozebrán v následujících dvou kapitolách této práce (kapitola č. 3 a č. 4). Základní schéma vzdáleně ovládaného experimentu je zobrazeno na obr. 2.8.



**Obr. 2. 8** Ukázka základního schématu vzdáleně ovládaného experimentu.

### **3 Vzdáleně ovládané experimenty ve výuce fyziky na SŠ**

Reálné experimenty v laboratoři umožňují testovat a ověřovat teoretické představy v reálných situacích. Studenti pracují s reálnými přístroji a učí se je ovládat a manipulovat s nimi. Avšak v dnešní době mnohé školy, univerzity či vědecká pracoviště čelí finančním problémům a řeší problémy, jak zajistit a udržovat nákladné laboratorní vybavení. Výborné studijní či vědecké výsledky ve fyzice a technice lze očekávat pouze tam, kde mají studenti či vědci příslušné kvalitní laboratorní přístroje a pomůcky a odpovídající čas k měření. Jednou z možností, která tyto problémy řeší je vzdálený přístup k laboratorním experimentům. Vzdálené experimenty mají potenciál snížit finanční náklady školy, či vědecké instituce a zajistit dostatečný časový prostor pro laboratorní měření a ověřování teoretických poznatků.

Vzdáleně ovládané experimenty umožňují učitelům, žákům i libovolným zájemcům vzdáleně (prostřednictvím internetu) ovládat reálné laboratorní pokusy. Přístup k těmto experimentům je 24 hodin denně, každý den v roce a ve většině případů jsou experimenty snímány on-line webovou kamerou pro zvýšení pocitu reálného měření přímo v laboratoři. Udržovat vzdálené experimenty v neustálém chodu vyžaduje od tvůrců těchto experimentů dostatek časových i finančních prostředků. Často se tedy setkáváme se vzdálenými laboratořemi, které jsou funkční jen po určitou dobu (např. 3-5 let po dobu trvání projektu) a poté jsou definitivně zrušeny, nebo jsou zapínány pouze v určitém časovém intervalu (např. v době výuky dané problematiky na škole). Některé ze vzdálených laboratoří nejsou přístupné libovolným zájemcům, ale pouze studentům



příslušné školy nebo vybraným pracovníkům, kteří mají přístupové heslo k ovládní experimentů.

Na internetu se můžeme setkat se dvěma typy vzdáleně ovládaných experimentů. První druh reprezentují experimenty, k jejichž ovládní je potřeba stáhnout si do počítače dodatečný program, který zprostředkuje komunikaci mezi vzdáleným uživatelem a ovládaným experimentem v laboratoři. Tento přístup využívá firma National Instruments (NI) ve svém vývojovém prostředí LabVIEW. Prostřednictvím nástroje *Remote Panel* umožňuje LabVIEW, relativně jednoduše, vytvořit klienta pro vzdálené ovládní experimentu (tímto způsobem vzniká většina zahraničních vzdáleně ovládaných laboratoří). Jednoduchost tvorby vzdáleně ovládaného experimentu tímto způsobem skýtá zvýšené nároky pro vzdálené uživatele. Pro ovládní takto vytvořeného experimentu musí mít uživatel nainstalován ve svém počítači software LabVIEW, nebo si musí do svého počítače stáhnout a nainstalovat program LabVIEW Run-Time Engine. Pro učitele na SŠ nebo pro žáky, kteří prostřednictvím internetu experimentují jen zřídka, není ideální stahovat a instalovat speciální software do svého počítače. Někdy učitel na SŠ nemá ani možnost instalovat nový software do školního počítače. Pro vědecké pracoviště, vysoké školy, průmyslovou sféru, kde s LabVIEW pracují pravidelně, je samozřejmě tento způsob vzdáleného měření vyhovující, rychlý a zcela bezproblémový. V roce 2011 firma NI spustila webovou službu Web Services, která poskytuje standardní on-line rozhraní pro vzdálenou komunikaci s aplikacemi vytvořenými v softwaru LabVIEW. Na straně klienta (uživatele) není potřeba program LabVIEW Run-Time Engine, ale experiment lze ovládat z libovolného webového prohlížeče, klient již potřebuje pouze drobný (5 MB) plug-in Microsoft Silverlight, který je kompatibilní se všemi webovými prohlížeči. Komunikace mezi experimentem a vzdáleným klientem probíhá pomocí standardních HTTP zpráv (dotaz – odpověď) a experiment lze ovládat např. i prostřednictvím telefonu či SmartPhonu.

Druhým typem jsou experimenty, které lze přes internet ovládat přímo z webového prohlížeče bez nutnosti instalování speciálních ovládacích programů (v ČR a na Slovensku vzniká především tento typ vzdálených laboratoří, viz kapitola 3.2). Jedinou podmínkou pro spuštění experimentu z webového prohlížeče je instalace zcela

standardního programu Java, který učitelé musí mít již v počítači, pokud chtějí žákům předvádět virtuální experimenty (java applety).

### 3.1 Výhody x nevýhody vzdáleně ovládaných experimentů

Vzdáleně ovládané experimenty by měly doplňovat, ovšem v žádném případě ne nahrazovat, ostatní formy experimentální činnosti a nabízí další alternativu pro zvýšení četnosti experimentování ve fyzice. Každý typ experimentů (reálný, virtuální, vzdálený) má své výhody, ale i nevýhody. Hlavními **výhodami** vzdáleně ovládaných experimentů (oproti klasickým nebo virtuálním experimentům) pro žáky a učitele SŠ (tedy uživatele těchto vzdálených experimentů) jsou:

- žáci mohou provádět experimenty z libovolného místa na světě v libovolném čase a nejsou limitováni pouze vyučovací hodinou;
- vzdálený experiment je připraven a sestaven k měření a odpadá tím jeho mnohdy zdlouhavé sestavování;
- na rozdíl od virtuálních simulací pracují žáci se skutečnými měřicími pomůckami a nástroji (naměřená data jsou reálná), což umožní přístup k reálným přístrojům např. i žákům s různými zdravotními hendikepy;
- na rozdíl od virtuálních simulací zde mohou vzdálení uživatelé měřit a počítat odchylky a chyby měření;
- SŠ si nemohou dovolit kupovat drahé měřicí přístroje a pomůcky, ale s využitím vzdáleně ovládaných laboratoří je možno zpřístupnit moderní fyzikální přístroje libovolným zájemcům zcela zdarma;
- žáci při experimentování mohou postupovat svým vlastním tempem, a pokud se jim měření nezdaří, mají možnost měřený pokus několikrát opakovat;
- ve vzdáleně ovládaných laboratořích lze pracovat i s nebezpečnými přístroji a látkami, jelikož experimentátor nepřijde do přímého kontaktu s měřicí aparaturou a nehrozí možnost úrazu při provádění pokusu;

- vzdálené experimenty přináší nové možnosti i v oblasti zkoušení žáků. *Především v technických disciplínách je (při zkoušení) nezbytné prokázat schopnosti žáků elegantně a efektivně řešit experimentální a praktické aspekty problému* (Thomsen, 2005);
- některé pokusy mají svá specifika právě pro dané měřicí místo. Např. výpočet tíhového zrychlení  $g$ , který lze provést z doby kmitu matematického kyvadla není konstantní hodnota, ale závisí mj. i na zeměpisné šířce místa měření. Žáci tedy získávají možnost porovnávat výsledky měření z různých míst na světě, aniž by museli osobně tyto místa navštívit;
- *hlavní nevýhodou distančního studia formou e-learningu je absence laboratorních měření. Multimediální animace nebo simulace nemohou vyplnit tuto mezeru a jediné možné řešení k zajištění praktického měření v rámci distančního vzdělávání nabízejí vzdáleně ovládané laboratoře s on-line video přenosem* (Stefanovic, 2009);
- tento typ experimentů spojuje u žáků mnohdy nepopulární fyziku s velmi oblíbenou výpočetní technikou (resp. s internetem), což může zvýšit klesající zájem studentů o fyziku.

*Vzdáleně ovládané laboratoře se používají již řadu let v oblasti vědeckého výzkumu (např. v urychlovači částic), při studiu vesmírného prostoru prostřednictvím kosmických sond a teleskopů, ve vývoji nových technologií a v oblasti robotiky* (Gröber, 2008). Využití vzdáleně ovládaných experimentů ve vědecké a průmyslové sféře má několik základních **výhod** (Auer, 2001):

- *nákladné a složité přístroje mohou být používány z různých míst dané společnosti;*
- *členové týmu, pracující v různých místech světa, mohou provádět stejná měření bez nutnosti cestování;*
- *dlouhodobé měření může být jednoduše hlídáno (obsluhováno) z domova např. o víkendu;*
- *při práci s nebezpečnými látkami (např. radioaktivními) nemusí pracovníci opakovaně navštěvovat laboratoř, ale mohou měření provádět vzdáleně bez osobního kontaktu s nebezpečnou látkou či zářením.*

**Nevýhody** vzdálených měření pro učitele a žáky na SŠ především jsou:

- kontakt s experimentem není přímý, ale je zprostředkován prostřednictvím internetu a webové on-line kamery;
- experiment může ovládat jeden uživatel a další musí čekat, než se experiment uvolní;
- při poruše experimentu je vzdálený uživatel odkázán pouze na tvůrce experimentu a nemůže experiment nijak (během krátké chvíle) vzdáleně opravit;
- pro demonstraci v hodině fyziky je potřeba mít ve třídě počítač s možností připojení na internet.

Pro tvůrce vzdálených experimentů vzniká ovšem také řada **nevýhod** a povinností:

- na jeden experiment je třeba uvolnit jeden počítač, který bude neustále zapnutý a připojený k internetu (pro vzdálené laboratoře postavené na platformě LabVIEW odpadá nutnost mít pro každý vzdálený pokus samostatný počítač, ale tvůrce experimentu musí vlastnit licenci tohoto softwaru);
- je potřeba nakoupit (vyrobit) vhodné přístroje,<sup>5</sup> které lze vzdáleně ovládat a vytvořit uživatelsky jednoduchý program, který umožní bezproblémově vzdáleně řídit experiment (vzdálený experiment, který nemá „uživatelsky příjemný přístup“ (user friendly access), je pro praktické využití ve školní výuce velmi těžko použitelný);
- ovládací panel musí být konstruován tak, aby vzdálený uživatel neměl možnost experiment či samotný ovládací program zničit nebo poškodit;
- pokud je experiment určen pro zcela libovolné zájemce, musí být ovládací panel a základní informace o experimentu v anglické jazykové verzi (vedle verze v rodném jazyce);
- na webových stránkách by kromě experimentu měly být volně dostupné i další studijní materiály, které zjednoduší zařazení vzdáleného experimentu do běžné výuky fyziky;

---

<sup>5</sup>Z finančních důvodů nelze předpokládat, že bude v ČR existovat pracoviště, které volně nabídne 20 a více vzdálených experimentů. Je třeba hledat modely financování a spolupráce mezi institucemi, které zvýší nabídku kvalitních vzdálených pokusů pro výuku fyziky. Jednou z možností je rozšíření vzdálených experimentů na více institucí, resp. škol, které se budou starat např. o 1 nebo 2 vzdálené experimenty. Celá tato síť fyzikálních vzdálených experimentů by měla být vytvořena na stejné platformě a měla by být volně přístupná z jedné centrální webové stránky.

- u experimentu musí být minimálně 1 webová kamera, která je nezbytnou součástí vzdálených laboratoří, aby měl vzdálený uživatel okamžitou vizuální zpětnou vazbu o změnách v laboratoři;
- experiment je potřeba sestavit tak, aby se vždy na konci vzdáleného měření dostal do původní polohy a byl okamžitě připraven na další vzdálené měření;
- tvůrce vzdálených experimentů musí své experimenty pravidelně kontrolovat<sup>6</sup> a případné problémy okamžitě opravit.

## 3.2 Vzdáleně ovládané laboratoře v České republice a na Slovensku

Kromě naší vzdáleně ovládané laboratoře, která je umístěna na KEF PřF UP v Olomouci existuje v ČR a na Slovensku ještě několik vzdáleně ovládaných laboratoří.

Průkopníkem v oblasti vzdálených laboratoří je v ČR již řadu let doc. F. Lustig z MFF UK v Praze. Jeho vzdáleně ovládaná laboratoř se nachází na webových stránkách <http://www.ises.info/> a jeho vzdálené experimenty využívají software ISES WEB Control. První experiment v této laboratoři (Regulace vodní hladiny) byl spuštěn v roce 2002 a v současné době laboratoř obsahuje devět experimentů (např. Vlastní a vynucené oscilace, Ohyb elektromagnetického záření, Elektromagnetická indukce apod.). Jeden z nejnovějších experimentů Vnější fotoelektrický jev (Brom, 2011) není ve finální podobě a prozatím umožňuje měřit volt-ampérové charakteristiky vakuové fotonky pro 6 různých vlnových délek. Poslední experiment (který je také pouze v pracovní verzi)

---

<sup>6</sup>Pro úpravy (opravy) softwaru je vhodným pomocníkem program, který dokáže zobrazit obrazovku vzdáleného počítače na vašem monitoru. K tomuto účelu lze využít např. program UltraVNC ([www.uvnc.com](http://www.uvnc.com)). Není tedy potřeba vždy sedět v laboratoři, kde je server pro vzdálený experiment, ale lze tento serverový počítač vzdáleně ovládat (opravovat) z jiného místa. Prostřednictvím tohoto programu by bylo možné zpřístupnit i vzdálené měření a nemuseli byste vytvářet (programovat) speciální ovládací panel (stačilo by využít libovolný software např. pro Pasco, Vernier, ISES apod.). Tento způsob ovšem nelze především z bezpečnostních důvodů doporučit, protože libovolný uživatel by získal přístup přímo do vašeho počítače v laboratoři.

umožňuje sledovat přirozené radioaktivní pozadí na MFF UK v Praze. Na webové stránce se každých 10s (nonstop) zaznamenává počet alfa, beta a gama částic, které prolétnou Geiger-Müllerovým čítačem (Lustig, 2011a).

Dalším pracovištěm, kde se zabývají propagací vzdáleně ovládaných experimentů je PdF MU v Brně, kde v současné době, na webové adrese <http://ises.tym.cz/>, existují tři funkční vzdáleně ovládané experimenty. Experimenty jsou opět postaveny s využitím softwaru ISES WEB Control. Dva z experimentů (Nucené kmity a Meteorologická stanice) jsou inspirovány experimenty z laboratoře na MFF UK v Praze a třetí experiment Měření na fotovoltaickém panelu je již delší dobu v pracovní verzi. O tuto laboratoř se starají dva studenti doktorských oborů (Lukáš Pawera a Jan Válek) z PdF MU v Brně.

Od září 2011 je na gymnáziu J. Vrchlického v Klatovech spuštěn jeden vzdáleně ovládaný experiment (Měření tepelné závislosti elektrického odporu kovu a polovodiče). Tento experiment lze ovládat z adresy <http://remote-lab.fyzika.net/> a po hardwarové stránce je postaven na univerzální experimentální USB desce K8055. Uživatelé potřebují k ovládní tohoto experimentu pouze možnost spouštět java aplety ve svém prohlížeči. V blízkém časovém horizontu plánují v této laboratoři spustit dva nové experimenty (Určení horizontální složky magnetického pole Země a Vzdálené ovládní robotické paže).

Další laboratoře v ČR se orientují především na remote sensing experimenty a konkrétně na Meteorologické stanice. Meteorologickou stanicí můžeme najít např. na webové stránce České zemědělské univerzity v Praze (<http://meteostanice.agrobiologie.cz/>), kde lze sledovat teplotu, vlhkost, tlak, záření, směr a rychlost větru. Meteorologické stanice existují např. také na stránkách ZŠ v Šumperku (<http://hluchak.cz/?q=teplomer/>), nebo na ZŠ v Plzni<sup>7</sup> (<http://www.22zsplzen.cz/pocasi/>).

---

<sup>7</sup>Právě na ZŠ a SŠ se často setkáváme s nedostupností jejich vzdálených laboratoří v průběhu hlavních prázdnin (červenec, srpen).

Na Slovensku existuje jedna vzdáleně ovládaná laboratoř (<http://kf.truni.sk/>), která využívá komponenty soupravy ISES a vzdálené měření probíhá s využitím softwaru ISES WEB Control. Tato laboratoř je vystavěna na Pedagogické fakultě na Trnavské univerzitě a v současné době obsahuje pět fyzikálních vzdálených experimentů (např. Oscilace v RLC obvodu a Volný pád) a jeden chemický vzdálený experiment (Elektrochemický článek), který je složen ze dvou nádob a dvou kovových elektrod připojených přes membránu. Uživatelé mohou měřit vodivost a pH elektrolytu (Válková, 2008). Nevýhodou tohoto chemického experimentu je, že je potřeba doplňovat elektrolyt a tím pro tvůrce pokusu roste časová i finanční zátěž. Pro vzdálené uživatele se zvyšuje riziko, že experiment nebude vždy připraven ke svému použití.

Na Pedagogické fakultě v Trnavě zavádějí (propagují) tzv. *Integrovaný e-learning* (Schauer, 2009; Ožvoldová, 2010; Žovínová, 2010), který se skládá ze tří komponent (vzdálený experiment, virtuální simulace a studijní materiál v elektronické podobě).

### 3.3 Vzdáleně ovládané laboratoře ve světě

Jednu z největších vzdáleně ovládaných laboratoří na internetu lze nalézt na webové adrese <http://rcl.physik.uni-kl.de/>. Tato laboratoř má hlavní centrum v Kaiserslauternu v Německu (webová stránka ovšem obsahuje experimenty i z jiných míst světa) a vedoucí tohoto projektu je prof. H. J. Jodl. Tento webový portál obsahuje cca 15 funkčních vzdálených experimentů (např. Pozorování elektronové difrakce, Určení rychlosti světla, Studium radioaktivního záření, Zkoumání fotoelektrického jevu, Pokusy ve vzduchovém tunelu apod.). U většiny vzdálených úloh uživatel může vzdáleně měnit parametry experimentu, ale přenos naměřených dat je zprostředkováván webovou kamerou, která sleduje hodnoty na měřicím přístroji (např. multimetru). Uživatel si tato data opisuje z obrazovky svého počítače. K ovládní a měření experimentů v této laboratoři není potřeba do počítače instalovat žádný speciální program ani se předem registrovat.

Další zahraniční vzdáleně ovládaná laboratoř se nachází na webových stránkách <http://remote.physik.tu-berlin.de/> a je označena jako „*Remote Farm*“. Vedoucí této laboratoře je prof. Ch. Thomsen z univerzity v Berlíně. V této laboratoři se nachází cca 10 funkčních vzdáleně ovládaných experimentů (např. Studium kapacity kondenzátoru v závislosti na vzdálenosti jeho desek, Studium tlaku plynu, Zkoumání vlastností sprzęžených kyvadel apod.). K ovládní těchto experimentů je nutnost mít v počítači program LabVIEW Run-Time Engine nebo software LabVIEW. Uživatelé, kteří chtějí pracovat s těmito experimenty, se musí nejprve na webových stránkách zaregistrovat (vytvořit si vlastní účet). Před každým ovládním experimentu se musí uživatel přihlásit pod svým uživatelským jménem a heslem. Obrázek z webových kamer není u této laboratoře umístěn přímo na stránkách s ovládním experimentu, ale v jiném webovém okně.

Spíše jako ukázka možností vzdáleného měření může sloužit webová stránka <http://mechatronics.poly.edu/MPCRL/>. Pět vzdáleně ovládaných experimentů na této stránce bylo vytvořeno na fakultě strojírenství na Polytechnické Univerzitě v New Yorku v USA. Experimenty na této stránce jsou přístupné pouze od pondělí do pátku od 10:00 do 17:00 místního času. Vzdálení uživatelé potřebují k ovládní pouze program Java. Není potřeba se do laboratoře registrovat, nebo si stahovat dodatečný software. Vzdálené experimenty na této stránce (např. Ovládní (stejnoseměrného) DC motoru, Ovládní rádiem řízeného modelu auta, Magnetická levitace ocelové kuličky apod.) slouží spíše pro potřeby studentů dané Univerzity a jejich zařazení do výuky fyziky na SŠ v ČR by bylo komplikované. Ovládat experiment může vždy jen jeden uživatel, ostatní čekají ve frontě.

Na univerzitě v Jižní Austrálii (University of South Australia) funguje v současné době jeden vzdáleně ovládaný experiment, který umožňuje určit parametry jednoduchého RC obvodu z jeho přechodové charakteristiky. Na webových stránkách <http://netlab.unisa.edu.au/> si vzdálený uživatel musí nejprve vytvořit svůj účet se jménem a heslem. Druhým krokem je zarezervovat si vymezený čas, kdy chcete s tímto experimentem pracovat. K tomuto účelu je vytvořen rezervační systém. *V jeden okamžik mohou s experimentem pracovat až tři studenti* (Nedic, 2003). Po spuštění experimentu se zobrazí několik samostatných webových oken, v kterých jsou zobrazeny displeje jednotlivých přístrojů (fotografie přední strany přístroje s několika interaktivními



tlačítka, které jsou naprogramovány pomocí LabVIEW). Uživatel nastavuje parametry měření (na virtuálním osciloskopu, generátoru funkcí, digitálním multimetru apod.) a on-line změny reálných přístrojů v laboratoři sleduje pomocí webové kamery.

### **3.4 Pracovní listy, řešení pro učitele a videonávody**

Vzdáleně ovládaných experimentů pro výuku fyziky na SŠ není na internetu mnoho a v současné době neexistují pracovní listy (návody na měření), podle kterých by mohl český učitel provést plnohodnotné (vzdálené) měření v hodině nebo zadat měření žákům jako samostatný domácí úkol nebo úkol do laboratorních cvičení. Od učitelů fyziky SŠ vznikl požadavek na tvorbu pracovních listů (manuálů), podle kterých by se daly ovládat vzdálené experimenty. Námi vytvořené pracovní listy obsahují základní fyzikální princip daného experimentu, cíl měření, potřebné pomůcky k provedení experimentu, schéma, postup měření s konkrétním vzdáleným experimentem, doplňující otázky a seznam literatury, která byla použita k tvorbě daného pracovního listu. Současně jsme byli také požádáni o vytvoření listů se vzorovým řešením pro učitele fyziky SŠ. Součástí těchto listů pro učitele SŠ jsou správné (naměřené) hodnoty dle postupů v příslušných pracovních listech.

Jako poslední podpůrný materiál k vzdáleně ovládaným experimentům byly vytvořeny videonávody, které (v délce 2-4 minut) názorně zobrazují, jak ovládat a pracovat s konkrétním vzdáleným experimentem. Tyto videonávody byly vytvořeny ve volně dostupném programu WINK (<http://www.debugmode.com/wink/>). Učitel, který má v učebně pouze počítač bez možnosti připojení na internet může použít právě tyto vytvořené videonávody např. jako názornou ukázkou, jak ovládat vzdálené experimenty.

Veškeré vytvořené materiály (pracovní listy pro žáky SŠ<sup>8</sup> a ZŠ a videonávody) jsou umístěny na webové stránce <http://ictphysics.upol.cz/remotelab/> odkud si je mohou uživatelé stahovat a libovolně dále využívat. Vytvořené pracovní listy pro žáky SŠ, listy s řešením pro učitele SŠ a pracovní listy pro žáky ZŠ jsou v příloze této disertační práce, videonávody jsou umístěny na přiloženém CD k disertační práci.

#### **Vytvořené pracovní listy pro žáky SŠ:**

- Voltampérové charakteristiky různých zdrojů světla (viz příloha č. 5)
- Volný pád v trubici (viz příloha č. 7)
- Větrný tunel (viz příloha č. 9)
- Závislost tíhového zrychlení na zeměpisné šířce (viz příloha č. 11)
- Ohyb elektromagnetického záření na šterbině (viz příloha č. 13)
- Rychlost šíření světla (viz příloha č. 15)
- Fotoelektrický jev (viz příloha č. 17)
- Pozorování elektronové difrakce (viz příloha č. 19)
- Matematické kyvadlo v Trnavě (viz příloha č. 21)
- Sériový obvod RLC (viz příloha č. 23)
- Určení tíhového zrychlení z doby kmitu matematického kyvadla (viz příloha č. 25)
- Studium proudění vody v soustavě trubic (viz příloha č. 27)

#### **Vytvořené pracovní listy pro žáky ZŠ:**

- Meteorologická stanice v Brně (viz příloha č. 29)
- Meteorologická stanice v Praze (viz příloha č. 30)
- Regulace vodní hladiny (viz příloha č. 31)
- Robot v bludišti (viz příloha č. 32)
- Meteorologická stanice v Olomouci (viz příloha č. 33)
- Monitorování radioaktivního pozadí v Olomouci (viz příloha č. 34)

---

<sup>8</sup>Listy se správným řešením pro učitele SŠ nejsou umístěny na naší vytvořené webové stránce, ale učitelé si o ně mohou požádat a budou jim obratem poskytnuty v elektronické podobě.

### **Vytvořené listy s řešením pro učitele SŠ:**

- Voltampérové charakteristiky různých zdrojů světla (viz příloha č. 6)
- Volný pád v trubici (viz příloha č. 8)
- Větrný tunel (viz příloha č. 10)
- Závislost tíhového zrychlení na zeměpisné šířce (viz příloha č. 12)
- Ohyb elektromagnetického záření na štěrbině (viz příloha č. 14)
- Rychlost šíření světla (viz příloha č. 16)
- Fotoelektrický jev (viz příloha č. 18)
- Pozorování elektronové difrakce (viz příloha č. 20)
- Matematické kyvadlo v Trnavě (viz příloha č. 22)
- Sériový obvod RLC (viz příloha č. 24)
- Určení tíhového zrychlení z doby kmitu matematického kyvadla (viz příloha č. 26)
- Studium proudění vody v soustavě trubic (viz příloha č. 28)

### **Vytvořené videonávody v programu WINK:**

- Video 1: Voltampérové charakteristiky různých zdrojů světla
- Video 2: Větrný tunel
- Video 3: Fotoelektrický jev
- Video 4: Meteorologická stanice v Olomouci
- Video 5: Určení tíhového zrychlení z doby kmitu matematického kyvadla
- Video 6: Závislost tíhového zrychlení na zeměpisné šířce
- Video 7: Matematické kyvadlo v Trnavě
- Video 8: Monitorování radioaktivního pozadí v Olomouci
- Video 9: Ohyb elektromagnetického záření na štěrbině
- Video 10: Sériový obvod RLC
- Video 11: Studium proudění vody v soustavě trubic

## 4 Vzdáleně ovládané experimenty na PŘF UP v Olomouci

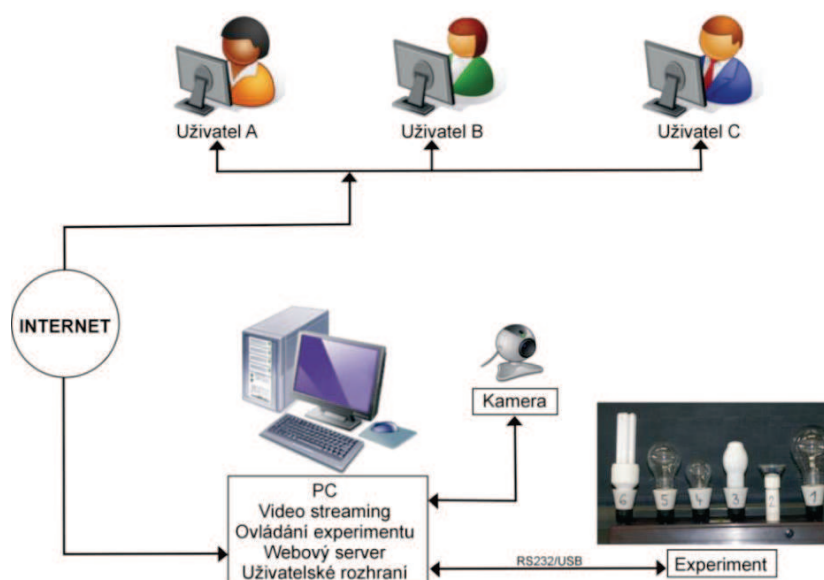
V posledních třech letech se na KEF PŘF UP v Olomouci intenzivně zabýváme tvorbou, rozvojem a propagací vzdáleně ovládaných experimentů. Pro naši laboratoř jsme vytvořili webovou stránku (rozcestník) <http://ictphysics.upol.cz/remotelab/> (viz obr. 4.1) a na této stránce jsou umístěny všechny námi vytvořené experimenty. Experimenty jsou zcela volně (zdarma) dostupné, v libovolný čas, z libovolného místa, bez nutnosti registrace.



Obr. 4.1 Webová stránka <http://ictphysics.upol.cz/remotelab/>.

Kromě experimentů obsahují webové stránky také základní informace o výhodách vzdáleného měření, odkazy na další (zahraniční i české) vzdáleně ovládané laboratoře a chat.<sup>9</sup> Každý z experimentů obsahuje navíc složky: *Fyzikální princip*, *Návod k měření*, *Videonávod*, *Sestava experimentu*, *Pracovní list*, *Statistiky přístupů* a *Fotogalerie*. Důležité části webové stránky a ovládání všech experimentů jsou přeloženy i do anglické verze, aby mohli experimenty snadně využívat i zahraniční uživatelé.

Princip našich vzdálených experimentů je založen na architektuře server-klient (viz obr. 4.2). Každý experiment je připojen k jednomu samostatnému počítači v naší laboratoři, který má nainstalován webový server (Pinknet Web Server, Apache HTTP Server nebo Nginx). Tento server řídí komunikaci s klientem prostřednictvím standardního protokolu HTTP (dotaz-odpověď). Klientem je webová aplikace (vytvořená v programovacím jazyce Java), která je umístěna na naší webové stránce. Tuto aplikaci lze ovládat z libovolného webového prohlížeče (např. Mozilla Firefox, Internet Explorer apod.) bez nutnosti instalace speciálních programů (s výjimkou vzdáleného experimentu č. 3, který je vytvořen na vývojové platformě LabVIEW a k jeho ovládání je třeba program LabVIEW Run-Time Engine).



Obr. 4.2 Základní princip vzdáleného řízení experimentů v naší vzdálené laboratoři.

<sup>9</sup>Na webových stránkách jsou také uvedeny kontaktní údaje (poštovní adresa, email a telefon).

O vysoké kvalitě námi vytvořených vzdáleně ovládaných experimentů svědčí i fakt, že v listopadu 2011 jsme byli (jako jediný zástupce za Českou republiku) požádáni o spolupráci na celoevropském projektu, který má řešit problematiku tvorby a udržitelnosti vzdálených a virtuálních experimentů a jejich implementaci do školní výuky (viz příloha č. 35). Tento projekt s názvem „*European Remote Experiment and Simulations Laboratory*“ (EURESLAB) je koordinován prof. Ch. Thomsenem z Technische Universität v Berlíně a kromě KEF PŘF UP jsou dalšími partnery projektu např. University of Delft (Holansko) nebo University of Cambridge (Velká Británie).

## **4.1 Experiment č. 1: Voltampérové charakteristiky šesti různých zdrojů světla**

Prvním vzdáleně ovládaným experimentem na KEF PŘF UP bylo měření voltampérové charakteristiky síťové žárovky NARVA 230V/200W při použití střídavého proudu. Tento experiment byl na webové stránce <http://ictphysics.upol.cz/remotelab/> volně dostupný libovolným zájemcům od 1. května 2009 a prostřednictvím jedné webové kamery mohli uživatelé sledovat on-line změny v laboratoři. Od prvního spuštění však tento experiment prošel ještě několika úpravami.

Od srpna 2009 do listopadu 2009 bylo zpřístupněno vzdálené srovnávací měření voltampérové charakteristiky klasické a úsporné žárovky při použití střídavého proudu. Konkrétně se jednalo o klasickou neúspornou žárovku NARVA 230V/200W a o úspornou žárovku Philips Master 33W/827 E27. Po dvou měsících (prosinec 2009 a leden 2010), kdy byl experiment mimo provoz z důvodu jeho rekonstrukce, došlo k úpravě a od února 2010 je možno srovnávat 6 různých světelných zdrojů (viz tab. 4.1) a proměřovat jejich voltampérové charakteristiky. Současně byla přidána druhá webová kamera, která zaznamenává hodnoty účinníku  $\cos\varphi$  z digitálního wattmetru, čímž se i rozšířila možnost experimentu proměřovat a ověřovat činný a jalový výkon v obvodu střídavého proudu.

**Tabulka 4.1** Seznam základních charakteristik 6 světelných zdrojů, které lze vzdáleně proměřit v naší laboratoři.

Typ žárovky	Jmenovitý příkon	Energetická třída	Životnost	Světelný tok
1 – Neúsporná	200 W	E	1 000 hodin	3 040 lm
2 – LED	2 W	A	50 000 hodin	100 lm
3 – Halogenová	150 W	E	2 000 hodin	2 100 lm
4 – Neúsporná	75 W	E	1 000 hodin	930 lm
5 – Neúsporná	150 W	E	1 000 hodin	2 160 lm
6 – Úsporná <sup>10</sup>	24 W	A	6 000 hodin	1 500 lm

Kromě počítače s připojením na internet, 6 různých světelných zdrojů (viz tab. 4.1), digitálního wattmetru a dvou webových kamer tvoří tento experiment především skokově regulovatelný zdroj střídavého napětí DIAMETRAL AC250K1D<sup>11</sup> s maximálním výstupním proudem 1A, dva přesné digitální multimetry UNI-T UT805 s kalibrací (pro měření proudu a napětí) a šestikanálová reléová deska, která slouží pro přepínání mezi jednotlivými obvody. Zdroj střídavého napětí i oba digitální multimetry jsou propojeny s počítačem přes sériové porty RS232. Celá aparatura je řízena z počítače v laboratoři na KEF PŘF UP, který slouží jako server. Ve volně dostupném vývojovém prostředí NetBeans IDE byl vytvořen v jazyce Java jednoduchý ovládací panel,<sup>12</sup> který byl umístěn na webovou stránku. Prostřednictvím tohoto ovládacího panelu lze s využitím webového serveru Apache HTTP ovládat (z libovolného místa v libovolný čas) tento vzdálený experiment.

Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně řídit, je zobrazena na obr. 4.3. Přístup do laboratoře je zcela bez omezení, experiment je přístupný 24 hodin, každý den v týdnu. Uživatelé potřebují mít v počítači nainstalován pouze program Java SE

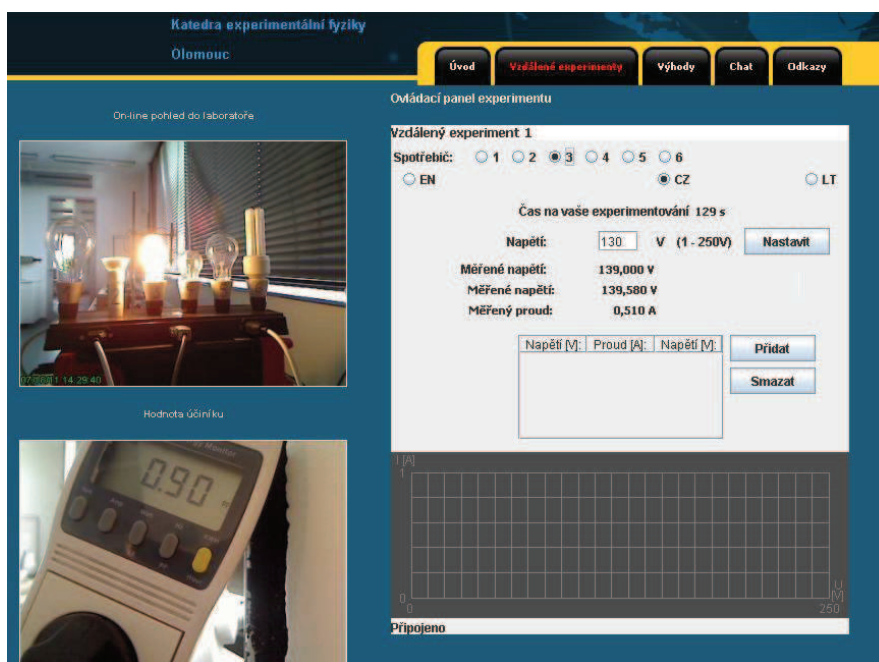
---

<sup>10</sup>Úsporná žárovka neboli kompaktní zářivka obsahuje elektronický předřadník, který samozřejmě ovlivňuje výslednou podobu voltampérové charakteristiky.

<sup>11</sup>Výstupní napětí u tohoto zdroje se získává transformací síťového napětí 230V/50Hz odděleným transformátorem. Výstupní napětí má tedy čistý sinusový průběh 50Hz.

<sup>12</sup>Prvotní verze obslužného softwaru k tomuto experimentu byla vytvořena K. Samiecem z firmy SYSBAS Control, s. r. o.

Runtime Environment, který je zcela standardně používán ke spuštění java apletů. V levé části webové stránky jsou on-line záběry ze dvou webových kamer. Na horní kameře je záběr na celý experiment a na část laboratoře, na dolní kameře jsou zobrazeny hodnoty z digitálního wattmetru. Aktualizace obrazu z obou kamer je 1s. V pravé části stránky je ovládací panel, který je v české, anglické a litevské jazykové mutaci. Uživatelé mohou na tomto ovládacím panelu zvolit světelný zdroj (1-6), jehož voltampérovou charakteristiku chtějí proměřit a poté zadávat hodnoty střídavého napětí v rozsahu 0V až 250V a zpětně získávají proud protékající jednotlivými žárovkami. Zadaná hodnota napětí vzdáleným uživatelem vždy mírně osciluje  $\pm 1V$ , a proto se na webové stránce zobrazuje nejenom zadaná hodnota napětí, ale i skutečná změřená hodnota napětí pomocí digitálního multimetru. Naměřené číselné hodnoty se zobrazují v tabulce a také v grafické podobě voltampérové charakteristiky přímo na stránce.

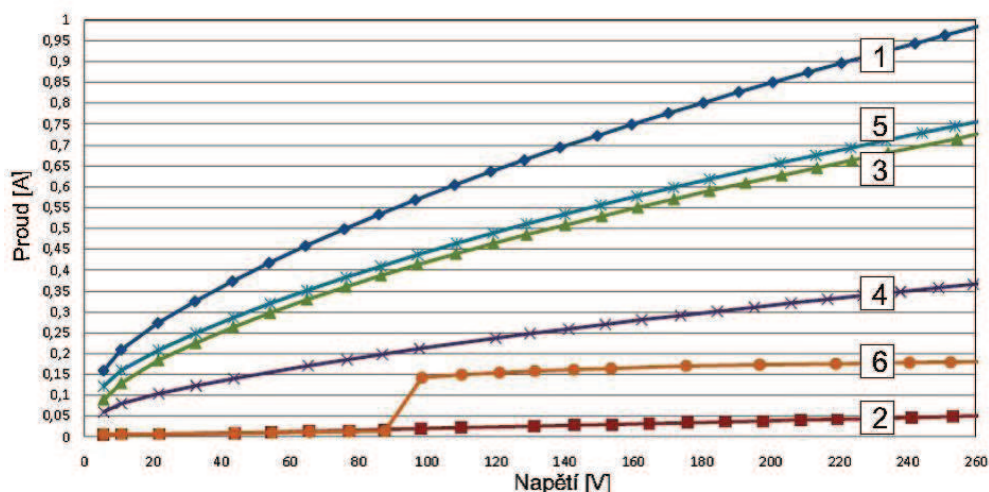


**Obr. 4.3** Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.

Po několika měsících provozu tohoto experimentu jsme přidali možnost automatického vypnutí experimentu po určité době jeho nečinnosti. Často se totiž stávalo, že vzdálení uživatelé nastavili na zdroji vysokou hodnotu napětí a odhlásili se z webové stránky. Vybraný zdroj světla mohl tedy svítit i několik dní, než byl vypnut vzdáleně nebo



lokálně přímo na serverovém počítači v laboratoři. V současné době při neaktivitě delší než 180s je uživatel odhlášen a na ovládacím panelu je nastavena hodnota napětí 0V. Každý uživatel má tedy k ovládní experimentu 3 minuty, ale při každé aktivitě na stránce (nastavení napětí) se doba vymezená na experimentování nastaví na maximální hodnotu. Naměřená data si mohou uživatelé stahovat do svých počítačů (např. do Excelu) a dále s nimi dle libosti pracovat. Hodnoty účinníku  $\cos\varphi$  si musí experimentátoři opisovat přímo z webové stránky. Pokud se k experimentu přihlásí dva uživatelé současně, tak první může experiment libovolně ovládat a druhý uživatel nemá možnost měnit parametry na ovládacím panelu a může pouze sledovat on-line změny v laboratoři z webových kamer.



**Graf 4.1** Vzdáleně naměřená voltampérová charakteristika šesti zdrojů světla. Čísla v grafu odpovídají číslům žárovek v tabulce 4.1.

Učitelé a žáci mohou tento experiment využít především pro vzdálené měření voltampérových charakteristik různých světelných zdrojů v rozsahu 0V až 250V (viz graf 4.1), což nelze (z bezpečnostních důvodů) realizovat přímo ve třídě s žáky (ani jako demonstrační pokus), protože se v tomto experimentu pracuje se síťovým napětím 230V. Současně by proměření 6 zdrojů bylo časově náročné a zabralo by značnou část vyučovací hodiny (při měření voltampérové charakteristiky v rozsahu 0V až 250V např. po 5V je potřeba pro změření šesti různých zdrojů světla nastavit hodnotu napětí celkem 300krát). Přidanou hodnotou tohoto experimentu je rozdílnost jednotlivých zdrojů, které vyzařují světlo na základě různých fyzikálních jevů a učitelé

tak mohou tento vzdálený experiment zařadit např. do integrovaného vzdělávání (*LED žárovka* – polovodiče, P-N přechod, dioda, elektroluminiscence, emise, rekombinace, ..., *úsporná zářivka* – výboj v plynech, ionizace, ..., *klasická žárovka* – termoemise, wolfram, vakuum, ..., *halogenová žárovka* – elektrické výboje v parách, ...).

Význam srovnávat charakteristiky klasických (wolframových) a úsporných žárovek se zvyšuje nařízením Evropské komise č. 244/2009, z něhož vyplývá, že od září 2009 je ve všech členských státech Evropské unie zahájen postupný přechod (viz tab. 4.2) na úsporné (nízkoenergetické) světelné zdroje (Ministerstvo průmyslu a obchodu).

**Tabulka 4.2** Časový harmonogram přechodu na úsporné (nízkoenergetické) světelné zdroje. Šedou barvou je v tabulce znázorněno, který typ žárovky bude v daném časovém období zrušen (Ministerstvo průmyslu a obchodu).

Časový harmonogram	Září 2009	Září 2010	Září 2011	Září 2012
Neúsporné čiré žárovky	15W	15W	15W	15W
	25W	25W	25W	25W
	40W	40W	40W	40W
	60W	60W	60W	60W
	75W	75W	75W	75W
	100W a více	100W a více	100W a více	100W a více
Neúsporné matné žárovky	Neúsporné matné žárovky nejsou dále povoleny.			

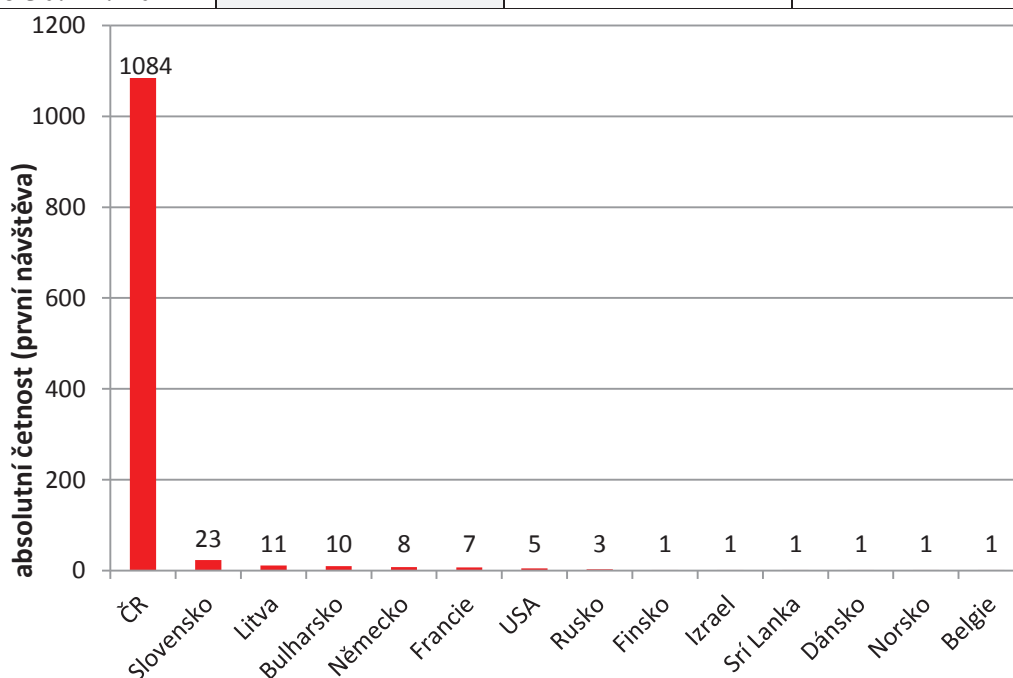
První vzdáleně ovládaný experiment je na webové stránce již déle než dva roky.<sup>13</sup> Počet uživatelů, kteří prováděli vzdálené měření na tomto experimentu od 1. 5. 2009 do 30. 11. 2011, je uveden v tabulce 4.3. Ve sloupci „opakovaná návštěva do 60 min.“ jsou zaznamenávány přístupy uživatelů, kteří se po své návštěvě vrátí k ovládnání experimentu (ze stejného počítače) do 60 minut. Přibližně 94 % uživatelů ovládá

<sup>13</sup>Tento vzdáleně ovládaný experiment je na KEF PřF UP zařazen do předmětu Praktikum z fyziky, kde studenti během jednoho semestru měří 9 klasických experimentů a 1 vzdálený experiment. Ohlasy studentů na vzdálené pokusy jsou velmi pozitivní a uvítali by více vzdálených měření.

experiment z počítačů z ČR, ale pozorujeme i přístupy ze zahraničí např. ze Slovenska, Litvy, Bulharska, Německa, Francie, Ruska apod. (viz graf 4.2).

**Tabulka 4.3** Seznam uživatelů, kteří navštívili webovou stránku s tímto experimentem.

časové období	první návštěva	opakovaná návštěva do 60 min.	celkem
od 1. 5. 2009 do 31. 12. 2009	493	386	879
od 1. 1. 2010 do 31. 12. 2010	445	155	600
od 1. 1. 2011 do 30. 11. 2011	219	56	275

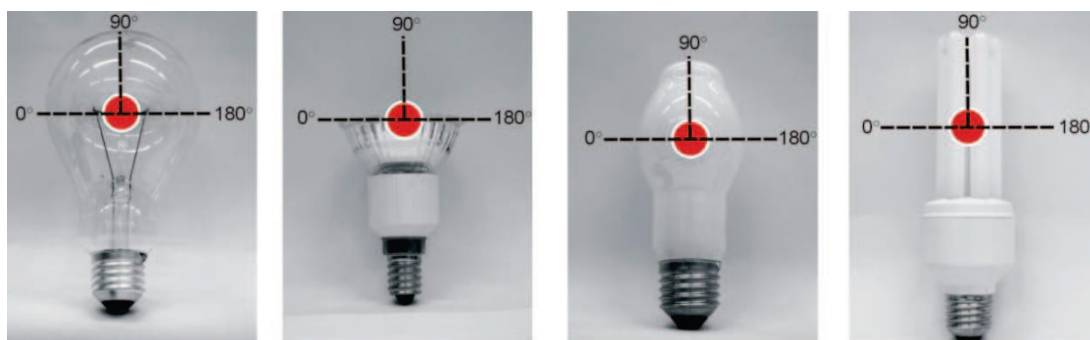


**Graf 4.2** Četnost „první návštěvy“ u experimentu č. 1 dle země z jaké se uživatelé přihlásili.

#### 4.1.1 Využití experimentu č. 1 při tradiční formě výuky

Námi vytvořené vzdáleně ovládané experimenty neslouží ovšem pouze pro vzdálené měření přes internet. Experimenty jsou umístěny ve fyzikální laboratoři a studenti PŘF UP v Olomouci s nimi mohou být i v přímém kontaktu. Kromě voltampérových charakteristik, lze měřit i další charakteristiky jednotlivých zdrojů světla. S využitím

luxmetru DX-200, který má rozsah 0 – 200000 lx a přesnost  $\pm 2\%$  jsme změřili prostorové vyzařovací charakteristiky pro jednotlivé světelné zdroje.<sup>14</sup> Na obr. 4.4 jsou vyznačeny základní osy pro určení této charakteristiky a v tabulkách 4.4 – 4.9 a v grafu 4.3 jsou zobrazeny námi naměřené hodnoty. Pro všechny světelné zdroje byla intenzita osvětlení  $E$  měřena ve vzdálenosti 0,30 m od zdroje.



**Obr. 4.4** Stanovení základních os pro určení prostorové vyzařovací charakteristiky (zleva): neúsporná žárovka (v našem experimentu č. 1, 4 a 5); LED žárovka (v našem experimentu č. 2); halogenová žárovka (v našem experimentu č. 3) a úsporná zářivka (v našem experimentu č. 6).

**Tabulka 4.4** Prostorová vyzařovací charakteristika – zdroj světla č. 1.

vzdálenost čidla od středu zdroje: $r = 0,30\text{ m}$							
úhel	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°
osvětlení při 0 V $E_0$ [lx]	28	24	23	20	31	39	42
osvětlení při 230 V $E_1$ [lx]	2560	2970	2920	2790	2940	2990	2540
<b>výsledné osvětlení <math>E</math> [lx]</b>	<b>2532</b>	<b>2956</b>	<b>2897</b>	<b>2770</b>	<b>2909</b>	<b>2951</b>	<b>2498</b>

**Tabulka 4.5** Prostorová vyzařovací charakteristika – zdroj světla č. 2.

vzdálenost čidla od středu zdroje: $r = 0,30\text{ m}$							
úhel	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°
osvětlení při 0 V $E_0$ [lx]	57	41	39	23	40	57	70
osvětlení při 230 V $E_1$ [lx]	64	90	95	1649	99	107	78
<b>výsledné osvětlení <math>E</math> [lx]</b>	<b>7</b>	<b>49</b>	<b>56</b>	<b>1626</b>	<b>59</b>	<b>50</b>	<b>8</b>

<sup>14</sup>Kromě prostorových vyzařovacích charakteristik lze např. s využitím školního spektrofotometru změřit spektra vyzařování jednotlivých světelných zdrojů.

**Tabulka 4.6** Prostorová vyzařovací charakteristika – zdroj světla č. 3.

vzdálenost čidla od středu zdroje: $r = 0,30$ m							
úhel	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°
osvětlení při 0 V $E_0$ [lx]	46	42	36	30	46	60	65
osvětlení při 230 V $E_1$ [lx]	2420	1712	1102	835	1124	1725	2530
<b>výsledné osvětlení E [lx]</b>	<b>2374</b>	<b>1670</b>	<b>1066</b>	<b>805</b>	<b>1078</b>	<b>1665</b>	<b>2465</b>

**Tabulka 4.7** Prostorová vyzařovací charakteristika – zdroj světla č. 4.

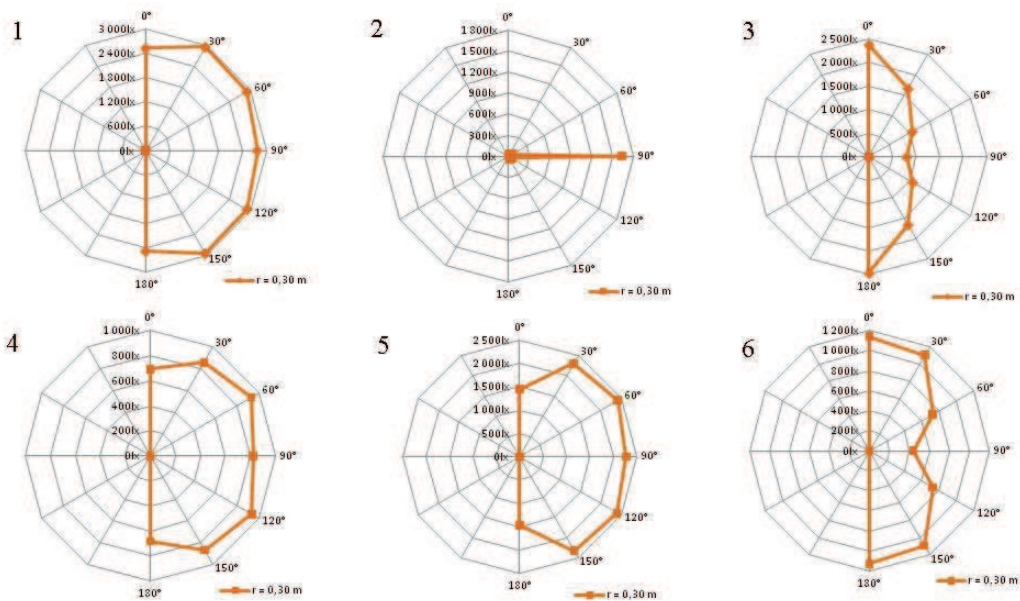
vzdálenost čidla od středu zdroje: $r = 0,30$ m							
úhel	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°
osvětlení při 0 V $E_0$ [lx]	19	18	17	14	20	20	20
osvětlení při 230 V $E_1$ [lx]	711	878	949	835	953	888	702
<b>výsledné osvětlení E [lx]</b>	<b>692</b>	<b>860</b>	<b>932</b>	<b>821</b>	<b>933</b>	<b>868</b>	<b>682</b>

**Tabulka 4.8** Prostorová vyzařovací charakteristika – zdroj světla č. 5.

vzdálenost čidla od středu zdroje: $r = 0,30$ m							
úhel	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°
osvětlení při 0 V $E_0$ [lx]	20	20	18	15	23	28	30
osvětlení při 230 V $E_1$ [lx]	1460	2320	2440	2290	2430	2350	1490
<b>výsledné osvětlení E [lx]</b>	<b>1440</b>	<b>2300</b>	<b>2422</b>	<b>2275</b>	<b>2407</b>	<b>2322</b>	<b>1460</b>

**Tabulka 4.9** Prostorová vyzařovací charakteristika – zdroj světla č. 6.

vzdálenost čidla od středu zdroje: $r = 0,30$ m							
úhel	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°
osvětlení při 0 V $E_0$ [lx]	29	28	25	20	29	33	34
osvětlení při 230 V $E_1$ [lx]	1168	1130	756	459	761	1127	1160
<b>výsledné osvětlení E [lx]</b>	<b>1139</b>	<b>1102</b>	<b>731</b>	<b>439</b>	<b>732</b>	<b>1094</b>	<b>1126</b>

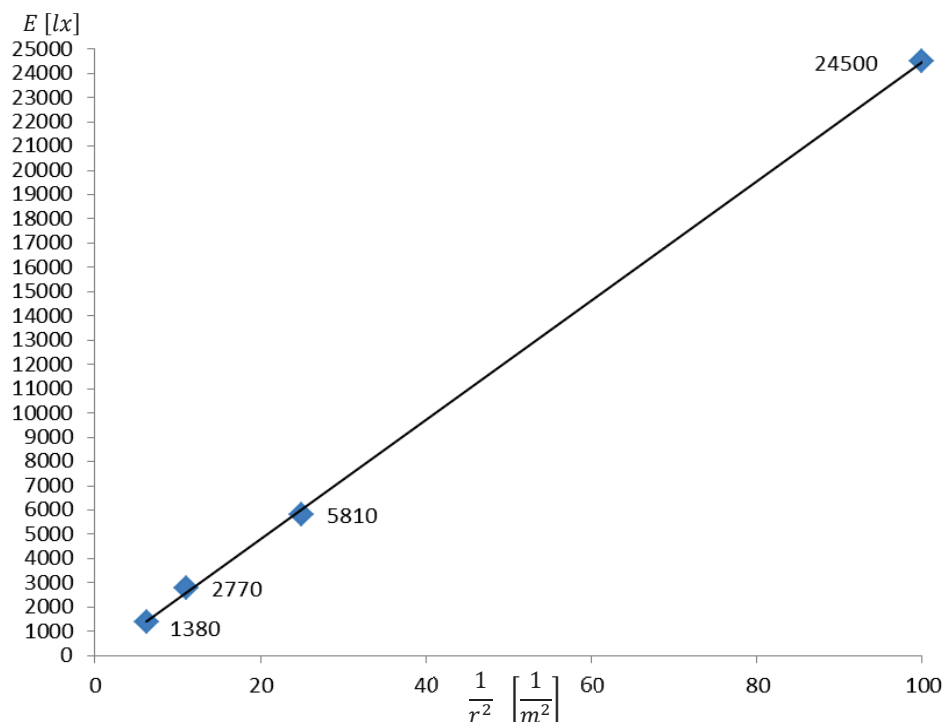


**Graf 4.3** Hodografy pro 6 světelných zdrojů.

Pro klasické žárovky s wolframovým vláknem (č. 1, 4 a 5) pozorujeme, že výsledné osvětlení pro  $0^\circ$  a  $180^\circ$  je nejnižší a pro ostatní směry je osvětlení na srovnatelné (vyšší) úrovni (pro  $90^\circ$  lze pozorovat opět mírné snížení osvětlení, ale v rámci chyby měření je toto snížení zanedbatelné). Prostorové vyzařovací charakteristiky pro ostatní měřené zdroje světla však vypadají odlišně. LED žárovka č. 2 ukazuje silnou směrovost a vyzařuje pouze ve směru  $90^\circ$ . Halogenová žárovka s matným povrchem č. 3 vyzařuje nejvíce do směru  $0^\circ$  a  $180^\circ$  a směrem k  $90^\circ$  výsledné osvětlení klesá (pro  $90^\circ$  je osvětlení jen třetinové než pro hodnotu  $180^\circ$ ). Podobně jako hodograf halogenové žárovky vypadá hodograf úsporné zářivky č. 6, kde maximální hodnoty osvětlení pozorujeme pro směr  $0^\circ$  a  $30^\circ$ , resp.  $150^\circ$  a  $180^\circ$  a pro směr  $90^\circ$  je osvětlení nejnižší.

U žárovky č. 1 byla intenzita osvětlení  $E$  navíc měřena i v několika různých vzdálenostech  $r$  (0,1 m, 0,2 m, 0,3 m a 0,4 m) od středu zdroje (viz graf 4.3), aby bylo možné ověřit závislost:

$$E \approx \frac{1}{r^2}. \quad (4.1)$$



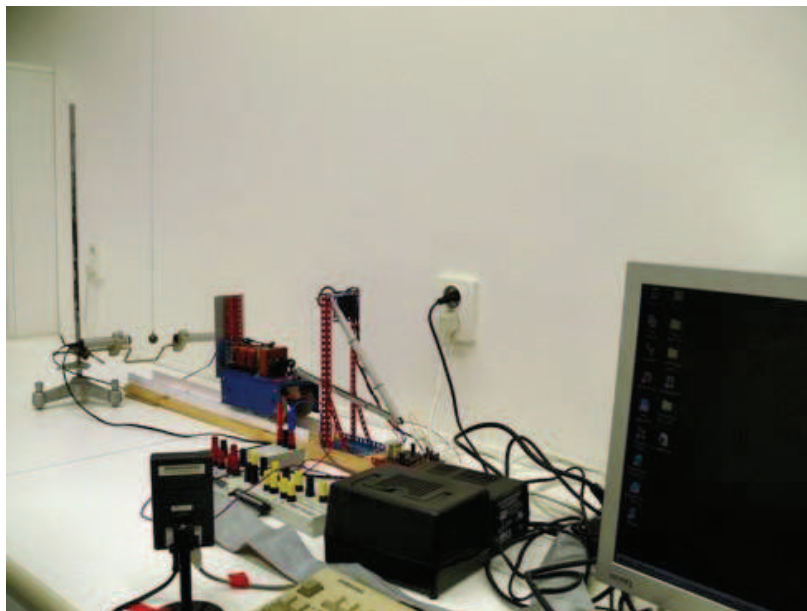
**Graf 4.4** Ověření platnosti vztahu  $E \approx \frac{1}{r^2}$  pro žárovku č. 1 (pro úhel  $90^\circ$ ).

## 4.2 Experiment č. 2: Určení tíhového zrychlení z doby kmitu matematického kyvadla

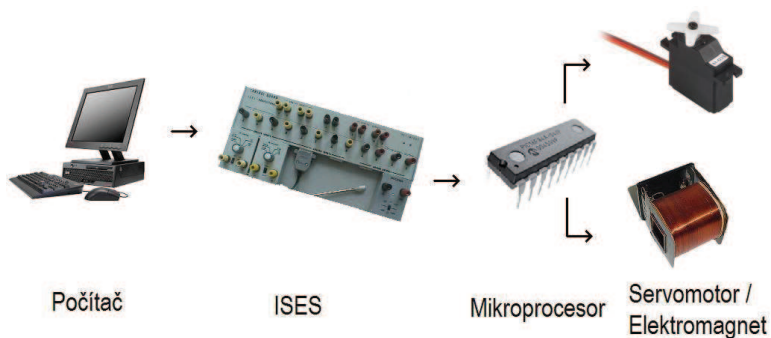
Druhý vzdáleně ovládaný experiment, který jsme vytvořili, umožňuje z libovolného místa na světě experimentálně ověřit hodnotu tíhového zrychlení  $g$  ve 4. patře nové budovy PřF UP v Olomouci (17. listopadu 12). Celkový pohled na tento experiment, který je sestaven (z reálných fyzikálních přístrojů a pomůcek) a umístěn v naší fyzikální laboratoři, je zobrazen na obr. 4.5. Vytvořený experiment lze od 1. 9. 2010 vzdáleně ovládat z webové stránky <http://ictphysics.upol.cz/remotelab/>.

Tento vzdáleně řízený pokus je sestaven z velké části ze školního experimentálního systému ISES (panel ISES PROFESSIONAL, moduly ISES: relé a optická závora, měřicí ADDA karta) a podporu vzdáleného měření zajišťuje softwarová stavebnice

ISES WEB Control. K soupravě ISES je připojena naše sestava skládající se z řídicího mikroprocesoru, servomotoru (ECO-16), elektromagnetu a dvou stabilizovaných 12V školních zdrojů (viz obr. 4.6).



**Obr. 4.5** Celkový pohled na vzdáleně ovládaný experiment č. 2, jehož důležitou součástí tvoří matematické kyvadlo o délce 184,9 cm.



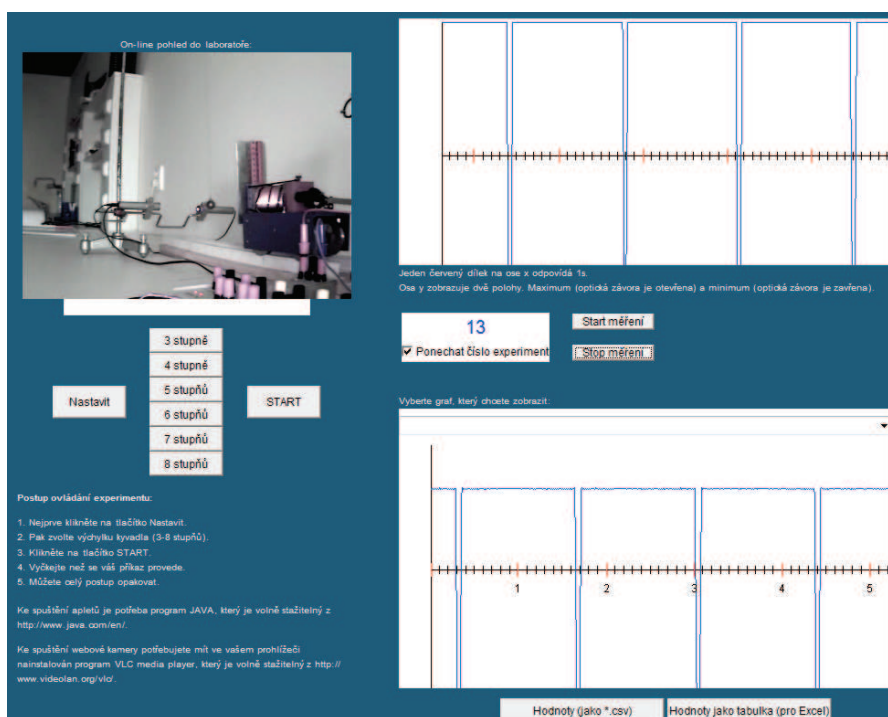
**Obr. 4.6** Řídící část druhého vzdáleně ovládaného experimentu.

Řídící mikroprocesor je připojen k ovládacímu panelu ISES PROFESSIONAL, konkrétně k jeho digitálním výstupům (K, L, M, N). Z nich mikroprocesor čte čtyřbitové příkazy. Úkolem mikroprocesoru je tyto příkazy rozpoznat a podle nich ovládat elektromagnet a servomotor. Elektromagnet je připojen k mikroprocesoru a slouží k zachycení a rozkývání kyvadla. Nejdůležitější součástí naší sestavy je



servomotor, který je také připojen k řídicímu mikroprocesoru a slouží k uvedení vozíčku a tedy i elektromagnetu do pohybu.

Servomotor je malý elektromotor, který obsahuje určitou skupinu převodů (dle typu servomotoru jich může být více, nebo jsou třeba vyrobeny z kvalitnějších materiálů a díky tomu má servomotor větší sílu než obyčejný elektromotor stejné velikosti). Další zvláštností servomotoru je to, že se nedokáže otočit o celých  $360^\circ$ , ale pouze asi o  $120^\circ$ . Jeho výstupní hřídel se tedy jen „posouvá“. Servomotor se řídí pomocí impulsů o délce 0,9-2,1 ms. Např. puls o délce 0,9 ms odpovídá poloze hřídele  $0^\circ$ , puls o délce 2,1 ms odpovídá poloze  $120^\circ$  apod. Tyto pulsy generuje řídicí mikroprocesor.



**Obr. 4.7** Webová stránka, z které uživatel ovládá vzdálený experiment č. 2.

Experiment lze ovládat (24 hodin denně, 7 dní v týdnu) z naší webové stránky <http://ictphysics.upol.cz/remotelab/>, kde jsou opět uvedeny základní informace o tomto pokusu (fyzikální princip, návod měření, videonávod, sestava experimentu, pracovní list, fotogalerie). Po spuštění experimentu z libovolného webového prohlížeče se uživateli zobrazí webová stránka (viz obr. 4.7), kde musí nejprve kliknout na tlačítko "Nastavit", poté vybere počáteční úhel ( $3-8^\circ$ ), s jakým se má kyvadlo rozkývat, a stisknete tlačítko "START". Jakmile se sestava spustí, přečte mikroprocesor

ze systému ISES příkaz a poté ho provede. Nejdříve elektromagnet (poháněný servomotorem) najede ke kyvadlu a poté dojde k jeho sepnutí, čili zachytí kovovou kuličku (model matematického kyvadla). Dále se elektromagnet posune do požadované polohy a vypne se. Kyvadlo se dá do pohybu a kmity matematického kyvadla jsou sledovány pomocí optické závory ze systému ISES. Nakonec se elektromagnet odsune opět do výchozí polohy a elektronika čeká na další spuštění experimentu. Celý tento děj je snímán on-line webovou kamerou a experimentátor má tedy možnost sledovat aktuální změny v laboratoři přímo na webové stránce. Data z optické závory (zavřeno/otevřeno) se zobrazují v grafické podobě, ale lze je uložit i v numerické podobě a stáhnout si je např. do Excelu a dále s nimi dle libosti pracovat.

Perioda kmitů matematického kyvadla  $T_0$  je rovna (pro malé úhly  $\alpha < 5^\circ$ ):

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (4.2)$$

a nezávisí na hmotnosti závaží, ale jen na délce závěsu  $l$  a tíhovém zrychlení  $g$ . Úpravou rovnice (4.2) dostáváme vztah pro výpočet tíhového zrychlení  $g$ :

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T_0^2}. \quad (4.3)$$

Pro náš konkrétní experiment jsme experimentálně (vzdáleným měřením) určili hodnotu periody  $T_0 = 2,728\text{s}$  a přímo jsme změřili délku kyvadla  $l = (184,9 \pm 0,1)\text{cm}$ . Dosazením těchto experimentálně zjištěných dat do vztahu (4.3) dostáváme:

$$g \approx 9,809\text{m} \cdot \text{s}^{-2}.$$

Ačkoliv u tohoto pokusu mohou uživatelé vychýlit kyvadlo o více než  $5^\circ$ , lze jednoduše ukázat, že pro potřeby tohoto experimentu (resp. pro cílovou kategorii tohoto experimentu, což jsou žáci středních škol) je vztah (4.2) naprosto dostačující. Odvození vzorce pro periodu kmitů  $T$  pro výchylky větší než  $5^\circ$  lze nalézt v mnoha vysokoškolských učebnicích fyziky, např. (Bajer, 2006):

$$T \approx T_0 \left( 1 + \frac{1}{4} \sin^2 \frac{\alpha}{2} + \frac{9}{64} \sin^4 \frac{\alpha}{2} + \dots \right), \quad (4.4)$$

kde  $T_0$  je perioda malých kmitů matematického kyvadla a  $\alpha$  počáteční výkmit. Pro výkmit např.  $\alpha \approx 10^\circ$  je podle rovnice (4.4)  $T \approx 1,002 T_0$ , tedy změna periody a chyba, které se dopouštíme (použitím vzorce 4.2) je v tomto případě pouze 0,2 %.

Pro ověření námi experimentálně naměřené hodnoty tíhového zrychlení  $g$  mohou návštěvníci našich webových stránek použít také vzorec, který je součástí „Geodetic Reference System“ a byl přijat v roce 1967 „International Union of Geodesy and Geophysics“ (Telford, 2004):

$$g = 9,78031846 (1 + 0,005278895 \sin^2 \phi + 0,000023462 \sin^4 \phi) \text{m} \cdot \text{s}^{-2}, (4.5)$$

kde  $\phi$  je zeměpisná šířka. Parametry umístění tohoto experimentu (zeměpisná šířka, zeměpisná délka, nadmořská výška<sup>15</sup>) jsou uveřejněny na webové stránce v části *Sestava experimentu*. Dosazením hodnoty  $\phi = 49,5929^\circ$  s. š. do vztahu (4.5) dostáváme (druhým způsobem určenou) hodnotu tíhového zrychlení  $g$ :

$$g \approx 9,810 \text{m} \cdot \text{s}^{-2}.$$

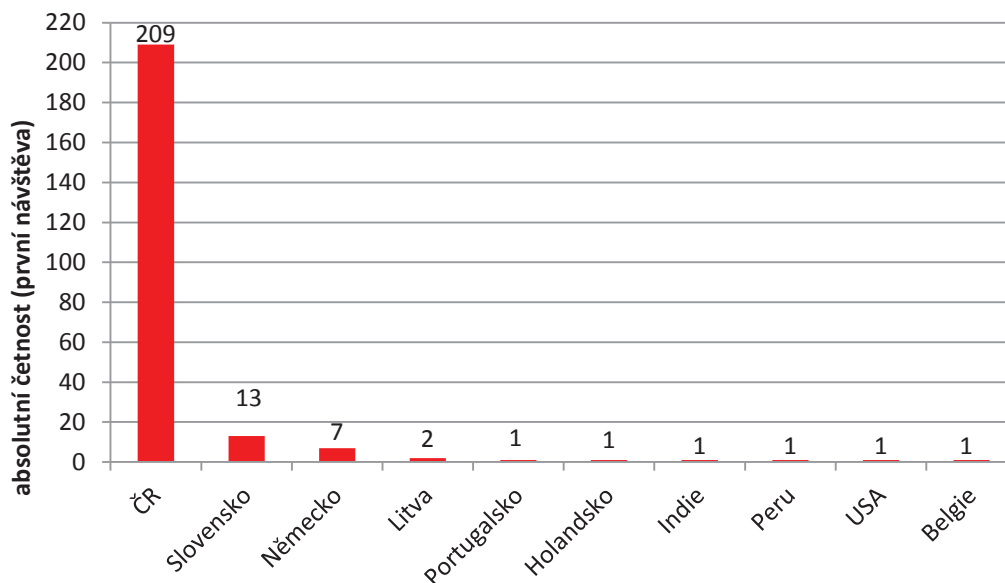
Rozdíl mezi vypočtenou hodnotou tíhového zrychlení ze vzorce 4.3 a ze vzorce 4.5 je pro náš experiment  $0,001 \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ .

Tento experiment je na internetu zpřístupněn již déle než rok a v tabulce 4.10 jsou uvedeny statistiky přístupů od 1. 9. 2010 do 30. 11. 2011. Přibližně 88 % přístupů je z ČR, ale jelikož je ovládání i v anglické verzi, zaznamenáváme také návštěvy od uživatelů ze zahraničí, a to především ze Slovenska a Německa (viz graf 4.5).

**Tabulka 4.10** Seznam uživatelů, kteří navštívili webovou stránku s tímto experimentem.

časové období	první návštěva	opakovaná návštěva do 60 min.	celkem
od 1. 9. 2010 do 31. 12. 2010	84	29	113
od 1. 1. 2011 do 30. 11. 2011	153	70	223

<sup>15</sup>Hodnota tíhového zrychlení  $g$  závisí také na nadmořské výšce. Můžeme ovšem opět dokázat, že v malých nadmořských výškách lze tíhové zrychlení považovat za konstantní. Např. ve výšce asi 3 km nad zemským povrchem klesne  $g$  pouze o 1 ‰ (Hlavička, 1971).



**Graf 4.5** Četnost „první návštěvy“ u experimentu č. 2 dle země z jaké se uživatelé přihlásili.

Podobný vzdáleně ovládaný experiment existuje na webové stránce <http://rel.physik.uni-kl.de/>, kde mohou uživatelé vzdáleně měřit hodnotu tíhového zrychlení  $g$  na různých místech světa (Německo, Lotyšsko, Jemen a Itálie), aniž by tato místa museli fyzicky navštívit. Naměřené hodnoty z této (zahraniční) laboratoře lze srovnávat s naměřenou hodnotou v naší laboratoři nebo s výsledky, které žáci odměří ve své škole.

### 4.3 Experiment č. 3: Studium proudění vody v soustavě trubic

Pro další námi vytvořený vzdáleně ovládaný experiment jsme zvolili *Studium proudění vody v soustavě trubic*. Měření průtoku patří k jedné z nejstarších činností měřicí techniky. *V současné době je rozsah použití průtokoměrů velmi široký: od měření průtoku krve až po měření rychlosti proudění říčních toků nebo mořských proudů* (Ďaďo, 2005).

Tento vzdáleně ovládaný experiment je v ČR unikátní hned z několika důvodů. Jednak v ČR neexistuje vzdáleně ovládaný experiment, který by se zabýval studiem proudění kapalin. Specifikem tohoto experimentu také je, že propojuje školní měřicí senzory od firmy Vernier, které se stávají běžnou součástí experimentování ve fyzice na ZŠ a SŠ, s vývojovým prostředím LabVIEW od firmy NI, což není obvyklé při tvorbě školních vzdáleně ovládaných experimentů.<sup>16</sup>

Komunikace mezi Vernier senzory (senzory tlaku, senzory rychlosti proudění vody, senzor teploty) a aplikacemi vytvořenými v LabVIEW probíhá prostřednictvím rozhraní Vernier SensorDAQ. Tento interface umožňuje načítat 48000 vzorků za 1s, má tři digitální kanály a jeden analogový kanál, ke kterým je možno připojit více než 50 senzorů Vernier, navíc obsahuje svorkovnici s 12 svorkami, což lze využít k dalšímu elektronickému řízení vytvořeného experimentu. Rozhraní Vernier SensorDAQ se prostřednictvím USB kabelu připojí k počítači, do kterého se doinstalují ovladače a knihovny Vernier pro software LabVIEW. Tato instalace může probíhat např. z webové adresy <http://www.vernier.com/engineering/ni-labview/downloads/sdaq/>, kde jsou dostupné nejaktuálnější verze ovladačů. Po instalaci se v pracovních nástrojích prostředí LabVIEW objeví tři nové palety (Vernier Go!, Vernier LabQuest a Vernier SensorDAQ), s kterými se nadále pracuje jako s ostatními (základními) paletami v LabVIEW.

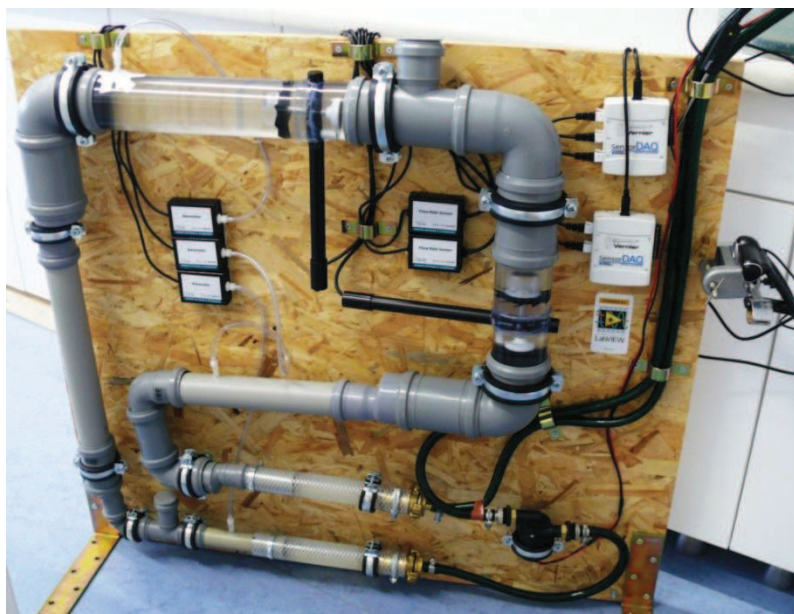
Celkový pohled na experiment, který je sestaven z průhledných a neprůhledných trubic o různých průměrech, dvou senzorů průtoku vody,<sup>17</sup> tří senzorů tlaku, jednoho senzoru teploty, měřicí karty NI USB-6008, dvou rozhraní Vernier SensorDAQ a průtokového

---

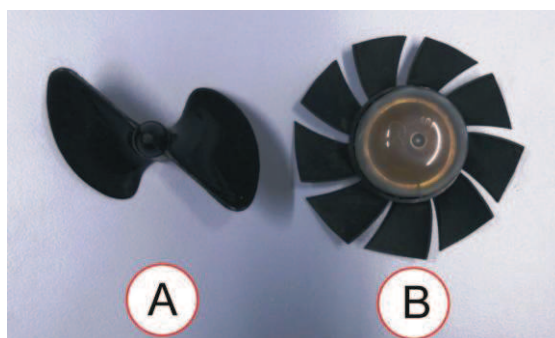
<sup>16</sup>LabVIEW je používáno v průmyslu a je určeno spíše pro technickou a vědeckou praxi. Katedra experimentální fyziky vlastní multilicenci tohoto softwaru, takže pro potřeby tohoto experimentu jej nebylo potřeba kupovat. Na základních a středních školách v ČR se tento software neobjevuje.

<sup>17</sup>Ve vytvořeném vzdáleně ovládaném experimentu jsou použity vrtulové průtokoměry, kde proudící kapalina otáčí vrtulkou. Z těchto otáček je vypočítána rychlost proudění kapaliny. Pro převod otáček vrtulky na číselnou hodnotu proudící kapaliny je využito magnetické vazby, kde hřídel vrtulky otáčí diskem s upevněným magnetem. Zcela odděleně od této části je další magnet, který je spojený s počítačem a je polem vázaný na magnet na hřídeli vrtulky. Jelikož se v průběhu sestavování experimentu ukázalo, že vrtulka, která je dodávána výrobcem senzoru na měření rychlosti proudící kapaliny (viz obr. 4.9, písmeno A) není schopna zaznamenat malý průtok vody v soustavě trubic, bylo experimentálně vyzkoušeno několik alternativních vrtulek, které byly vyrobeny z větráčků od vyřazených počítačových zdrojů. Finální verze vytvořené vrtulky (s 9 lopatkami), která je použita pro měření průtoku vody v nejširší trubici, je zobrazena na obr. 4.9, písmeno B.

čerpadla s možností regulace otáček je zobrazen na obr. 4.8.<sup>18</sup> Celá soustava je ve vertikální poloze upevněna na dřevěné desce. Součástí tohoto experimentu je ještě počítač, malý stabilizovaný regulovatelný laboratorní zdroj 0-18V/2A a dvě webové kamery, které nepřetržitě snímají experiment.



**Obr. 4.8** Celkový pohled na experiment č. 3 – Studium proudění vody v soustavě trubic.



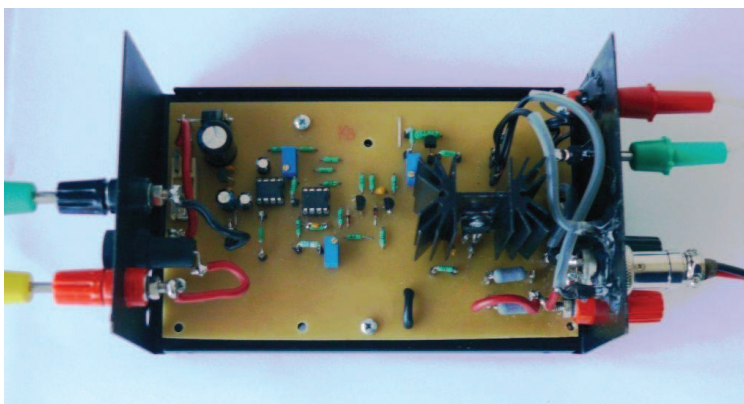
**Obr. 4.9** Vrtulka A – dodávána výrobcem senzoru, vrtulka B – vyrobená pro potřeby experimentu.

Aby se zvýšila interaktivita experimentu, mohou vzdálení uživatelé měnit rychlost proudící kapaliny v trubicích. K tomuto účelu slouží oběhové čerpadlo s maximálním

---

<sup>18</sup>Před umístěním tří senzorů tlaku do vytvořené soustavy muselo dojít k jejich ruční kalibraci, aby pro stejnou nadmořskou výšku a za stejných podmínek byly na všech senzorech stejné hodnoty tlaku.

průtokem 12 litrů/min, které je napájeno malým stabilizovaným laboratorním zdrojem. Regulace otáček čerpadla je ovládána silovým spínačem<sup>19</sup> (viz obr. 4.10).



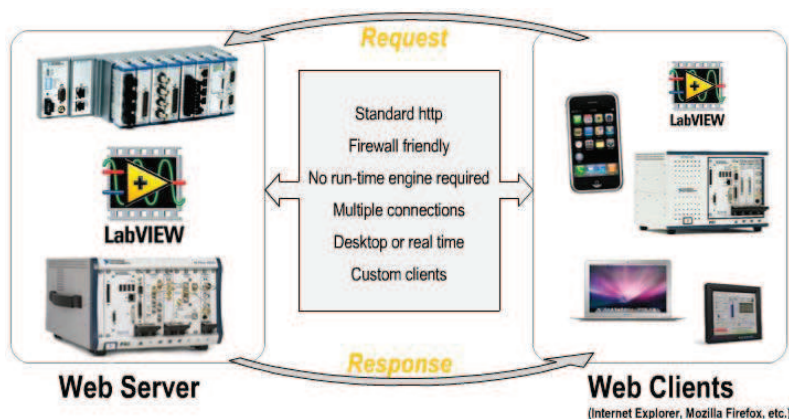
**Obr. 4.10** Silový spínač, který umožňuje regulovat otáčky oběhového čerpadla u experimentu č. 3.

Komunikace mezi oběhovým čerpadlem (resp. silovým spínačem) a prostředím LabVIEW probíhá pomocí multifunkční karty NI USB-6008. Tato karta je vybavena 8 analogovými vstupy (AI 0 až AI 7 – Analog Input), 2 analogovými výstupy (AO 0 a AO 1 – Analog Output), 12 obousměrnými číslicovými vstupy/výstupy a jedním 32bitovým čítačem. Analogové vstupy AI lze zapojit buď jako 8 nesymetrických kanálů (tzn. proti společné zemi) nebo jako 4 diferencíální (symetrické) kanály (Vlach, 2008). Maximální vzorkovací frekvence je 10000 vzorků za 1s. Tato multifunkční měřicí karta od firmy NI představuje za relativně nízkou cenu (cca 5000 Kč) profesionální zařízení, které může sloužit k fyzikálnímu měření, regulaci a ovládání přístrojů a analýze dat i na středoškolské úrovni.

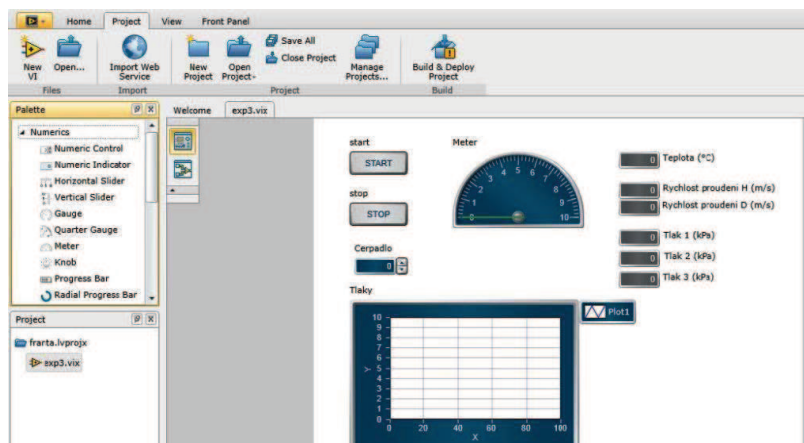
Vývojové prostředí LabVIEW již řadu let obsahuje funkce s technologií *Remote Panels*, která umožňuje zpřístupnění vytvořeného programu prostřednictvím webového prohlížeče. Každý klientský počítač musí mít ovšem nainstalován volně stažitelný program LabVIEW Run-Time Engine. Od verze LabVIEW 2010 spustila firma NI webové služby *Web Services*, které poskytují standardní on-line rozhraní pro komunikaci s aplikacemi v LabVIEW. *Web Services fungují jako webové aplikační programovací rozhraní. Spuštění webové služby probíhá zadáním URL adresy, která*

<sup>19</sup> Tento silový spínač pro regulaci otáček byl vytvořen na KEF PřF UP panem Z. Weinlichem.

definuje, který program se má spustit a předá hodnoty vstupních terminálů. Server běží pouze na straně hosta s LabVIEW aplikací a na straně klienta není potřeba LabVIEW Run-Time Engine (klientem může být např. mobilní telefon či SmartPhone (viz obr. 4.11)). Prohlížečem může být Internet Explorer, Mozilla Firefox, Safari a další. Komunikace probíhá systémem dotaz odpověď a může být otevřeno i více připojení současně (Keprt, 2011).



Obr. 4.11 Webová služba Web Services od NI. Převzato z (Keprt, 2011).



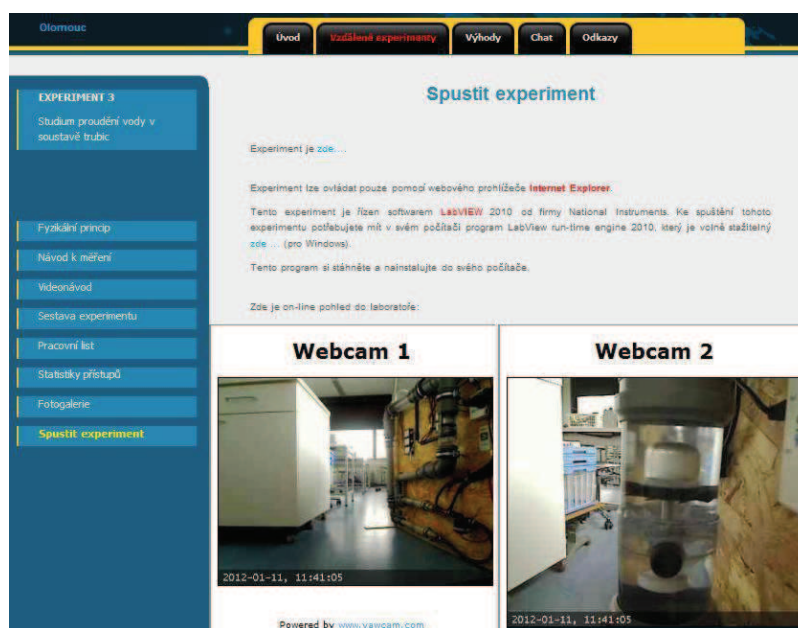
Obr. 4.12 Softwarový produkt Web UI Builder.

Pro tvorbu lehkých webových aplikací, které umožňují koncovým uživatelům vzdálené monitorování, řízení a měření experimentů s využitím služby Web Services, byl firmou NI vytvořen softwarový produkt *Web UI Builder*. Tato aplikace je zdarma k vyzkoušení na webové stránce <http://www.ni.com/uibuilder/> (na obr. 4.12 je ve Web UI Builderu



vytvořena webová aplikace k tomuto vzdáleně ovládanému experimentu). Bohužel, ve zkušební verzi, která je zdarma nelze ukládat vytvořené projekty a zájemci, kteří chtějí tento program využívat si musí zakoupit jeho licenci. Roční licence Web UI Builderu stojí 1499 dolarů (LabVIEW Web UI Builder FAQ). Z tohoto důvodu jsme tento vzdálený experiment vytvořili s využitím Remote Panels i za předpokladu, že vzdálený uživatel musí instalovat dodatečný program do svého počítače.

Experiment *Studium proudění vody v soustavě trubíc* se nachází společně s našimi ostatními experimenty na webové stránce <http://ictphysics.upol.cz/remotelab/>. Tento experiment je volně zpřístupněn libovolným zájemcům teprve od 5. 1. 2012 a k jeho ovládní je potřeba použít prohlížeč Internet Explorer. Po kliknutí na záložku „Spustit experiment“ se uživateli otevře nové okno (viz obr. 4.13), kde získá informace, které programy musí mít nainstalovány pro bezproblémové spuštění a ovládní experimentu. Experimentátoři, kteří nemají ve svém počítači software LabVIEW si přímo ze stránky musí stáhnout a posléze i nainstalovat program LabVIEW Run-Time Engine (40,7 MB). Na této webové stránce (viz obr. 4.13) lze již sledovat on-line přenos z laboratoře. Na první kameře je zobrazen celkový pohled na experiment i na část laboratoře, ve které je pokus fyzicky umístěn, druhá kamera zobrazuje detail senzoru, který měří rychlost průtoku vody.



Obr. 4.13 Webová stránka, z které lze spustit experiment č. 3.

Po instalaci potřebných programů mohou uživatelé nejprve zjistit aktuální on-line teplotu v laboratoři. K tomuto údaji se lze dostat ze záložky „Sestava experimentu“, kde je odkaz na vytvořený program. Zde se v podstatě jedná o další „malý“ vzdáleně ovládaný experiment.<sup>20</sup> Experimentátor má možnost z libovolného počítače odečítat aktuální on-line teplotu z teploměru, který je připojen k počítači v naší laboratoři. Po spuštění samotného experimentu, se uživateli zobrazí ovládací panel (viz obr. 4.14). Na tomto panelu je třeba nejprve kliknout na tlačítko „Spustit“, které se ihned poté změní na tlačítko „Ukončit“. Dalším úkonem je nastavení výkonu čerpadla na 0%, 50% nebo 100% (na začátku je nastavena vždy hodnota 0% a vybrané tlačítko změní barvu z šedé na zelenou). Hodnoty tlaku na třech měřených místech soustavy a hodnoty rychlosti proudící kapaliny z vybraného místa se zobrazují v číselné podobě na webové stránce (hodnoty naměřených tlaků jsou navíc zobrazeny i v grafické podobě). Tyto data odpovídají vždy průměrné hodnotě za posledních 10s.<sup>21</sup> Z tabulky, která je ve spodní části stránky, lze kopírovat naměřené údaje např. do Excelu a dále s nimi libovolně pracovat.<sup>22</sup>

Experiment může v jeden okamžik vzdáleně kontrolovat pouze jeden uživatel. Tento experimentátor má k ovládní omezený čas 120s (který se po spuštění experimentu začne odpočítávat v pravém horním rohu ovládacího panelu), pokud ovšem aktivně pracuje s pokusem, tak se mu tento limit opakovaně nastaví na maximální hodnotu. Pro ukončení experimentování je vhodné kliknout na tlačítko „Ukončit“, které vypne čerpadlo a uvolní experiment dalším zájemcům, pokud vzdálený uživatel neukončí pokus tímto tlačítkem, bude po uplynutí časového limitu automaticky provedeno ukončení experimentu. Obraz z webových kamer se nenachází na stejné webové stránce

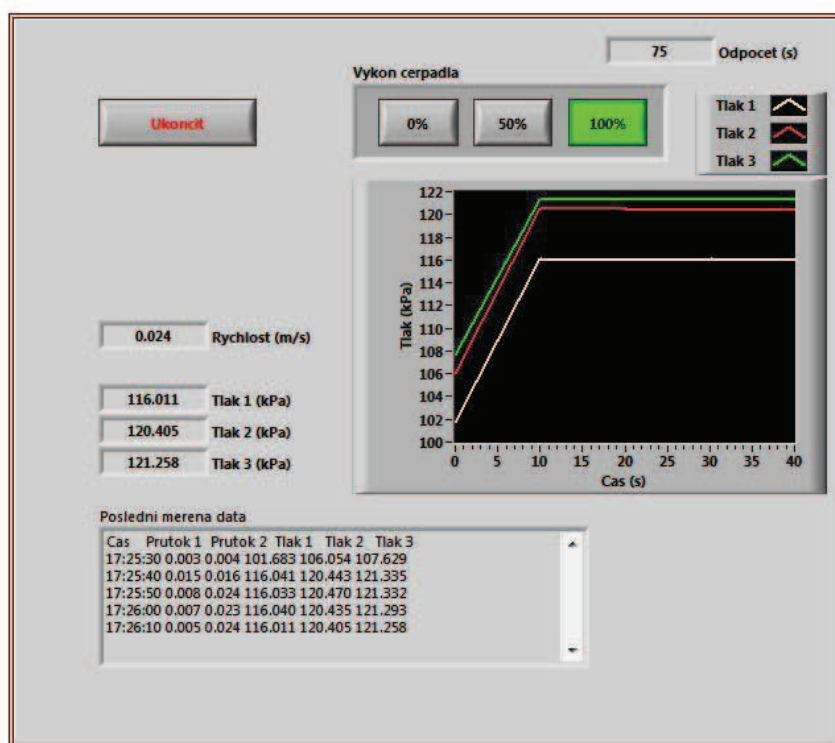
---

<sup>20</sup>Pro tvůrce vzdálených experimentů bylo značnou nevýhodou, že museli použít vždy jeden samostatný počítač pro vytvoření a kontrolu jednoho vzdáleného experimentu. Ve vývojovém prostředí LabVIEW lze vytvořit i více vzdálených experimentů, které poběží na jediném serverovém počítači. Pouze pro účely testování je na stejném principu (i na stejné počítači) vytvořen experiment, který umožňuje skládat harmonické kmity (s možností měnit frekvenci a amplitudu dvou signálů) a je dostupný na adrese <http://158.194.76.207:8000/test.html>.

<sup>21</sup>Během 10s zaznamená každý senzor 100 vzorků, tedy vzorkovací frekvence je 10 vzorků za 1s.

<sup>22</sup>Pro přesné měření je třeba první a poslední naměřené hodnoty zanedbat, protože např. při zapnutí čerpadla z 0% na 100% může být průměrná hodnota počítána např. 5s z výkonu 0% a 5s z výkonu 100%.

jako ovládací panel experimentu.<sup>23</sup> Uživatel, který chce současně ovládat experiment a sledovat on-line přenos z laboratoře, si musí otevřít současně dvě okna webového prohlížeče.



Webkamera 1 k tomuto experimentu je [zde ....](#)

Webkamera 2 k tomuto experimentu je [zde ....](#)

**Obr. 4.14** Ovládací panel vzdáleně ovládaného experimentu č. 3.

Tento experiment lze použít na všech stupních školního vzdělávání ve výuce fyziky. Na základní škole může experiment sloužit jako seznámení s možnostmi vzdáleného měření, žáci se mohou seznámit s fyzikálními veličinami (atmosférický tlak, hydrostatický tlak, rychlost, objemový průtok apod.) a jejich jednotkami. Žáci na střední škole jsou schopni spočítat hydrostatický tlak v různých místech soustavy trubic, vypočítat vzdálenosti mezi jednotlivými trubicemi a také stanovit rychlost proudění v různých místech potrubí. Mohou také stanovit, zda proudění vody je laminární či

<sup>23</sup>K tomuto oddělení došlo z důvodu plynulejšího ovládní experimentu a snahy o zkrácení času, který je potřeba k načtení webové stránky s ovládacím panelem.

turbulentní. Na vysoké škole lze studovat vlastnosti reálné kapaliny a analyzovat rozdíly mezi reálnou a ideální kapalinou, případně vyhodnotit faktory, které ovlivňují naměřené hodnoty (mezní vrstva, vliv redukcí a expanzí průměrů potrubí, ohyby potrubí, ztráty tlaku způsobené vnitřním třením a vlastnostmi materiálu, z kterého jsou trubice vyrobeny apod.).

Pro výpočet rychlosti proudění vody v různě širokých trubicích lze využít rovnici kontinuity:

$$S \cdot v = \text{konst.}, \quad (4.6)$$

kde  $S$  označuje obsah průřezu kruhové potrubí a  $v$  rychlost proudící vody v dané trubici. Na webové stránce k tomuto pokusu (v záložce *Sestava experimentu*) mají experimentátoři uvedeny hodnoty vnitřních průměrů tří zkoumaných trubic  $d_1 = 7,1$  cm,  $d_2 = 4,6$  cm a  $d_3 = 2,9$  cm. Velikost rychlosti proudění vody v nejširší trubici  $v_1$  mohou uživatelé experimentálně změřit z webové stránky a velikosti proudění  $v_2$  a  $v_3$  je možno vypočítat ze vztahu 4.6.

Vzdálení uživatelé také mohou z libovolného místa na světě stanovit, zda proudění ve třech měřených trubicích, je laminární nebo turbulentní. Kritériem, které rozhoduje, zda je proudění laminární nebo turbulentní, je velikost Reynoldsova čísla  $R_e$ . Brater v knize *Handbook of hydraulics* definuje vztah, podle kterého lze vypočítat velikost Reynoldsova čísla pro kruhové potrubí:

$$R_e = \frac{d \cdot v \cdot \rho}{\eta}, \quad (4.7)$$

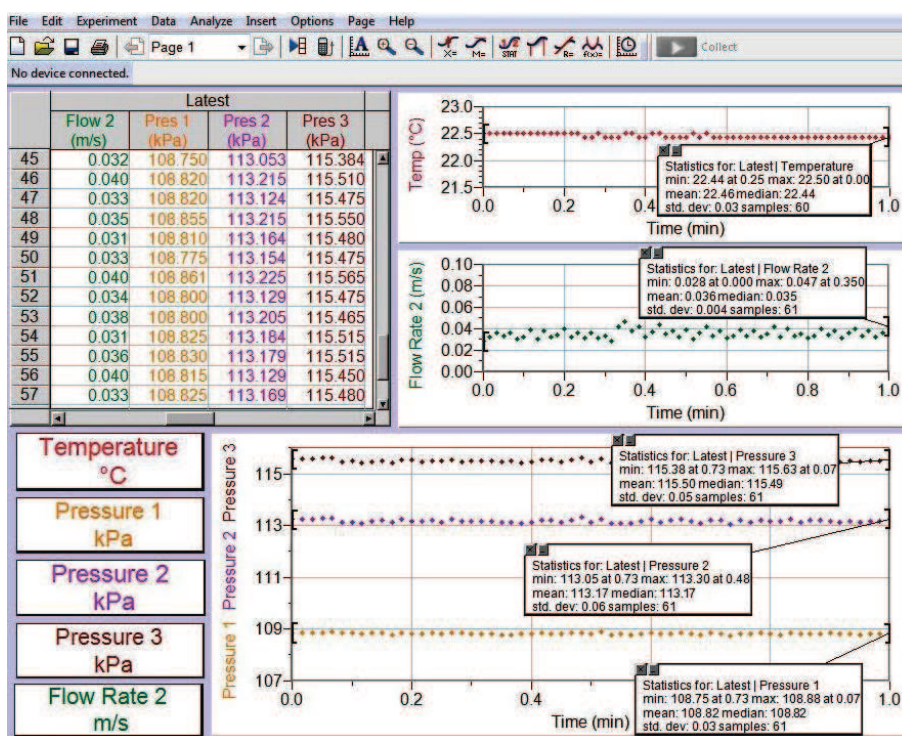
kde  $d$  je průměr potrubí,  $v$  rychlost vody v dané trubici,  $\rho$  hustota proudící kapaliny a  $\eta$  dynamická viskozita kapaliny. Laminární proudění v uzavřených trubicích nastává, jestliže  $R_e \leq 2000$ . Turbulentní proudění nastává pro  $R_e \geq 4000$ . Hodnoty Reynoldsova čísla v rozmezí 2000-4000 jsou označovány jako přechodná oblast mezi laminárním a turbulentním prouděním.

Pracovní list k tomuto experimentu, který je určen pro výuku žáků na středních školách, je umístěn na webové stránce <http://ictphysics.upol.cz/remotelab/rlab3.html>. Pracovní list pro žáky i řešení pro učitele je součástí disertační práce (viz přílohy č. 27 a 28).

### 4.3.1 Využití experimentu č. 3 při tradiční formě výuky

Tento vzdáleně ovládaný experiment (stejně jako všechny naše vzdáleně ovládané experimenty) je umístěn v laboratoři na KEF PřF UP a je využíván i pro přímé měření v rámci laboratorního praktika. Pro přímé měření a řízení ze serverového počítače je využíván program “*Measurement & Automation Explorer*“, který je produktem firmy NI. Pomocí testového panelu v tomto programu mohou studenti z lokálního počítače v laboratoři ovládat měřicí kartu NI USB-6008, na které nastavují výstupní napětí v rozsahu 0V až 5V. V závislosti na hodnotě nastaveného napětí lze regulovat rychlost otáček oběhového čerpadla a tedy i rychlost proudění vody v soustavě trubic.

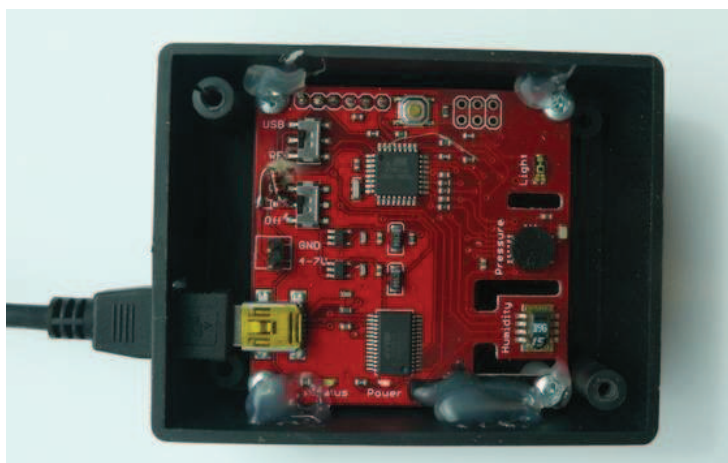
Jelikož všechny měřicí senzory (senzory průtoku proudící vody, tlaku v různých trubicích a teploty) jsou od firmy Vernier, lze k analýze měření využít software *Logger Pro* od této společnosti. Ukázka naměřených hodnot a analýzy v tomto programu je zobrazena na obr. 4.15



Obr. 4.15 Zpracování naměřených hodnot v programu Logger Pro.

## 4.4 Experiment č. 4: Meteorologická stanice na PŘF UP v Olomouci

Experimenty č. 4 a č. 5 nejsou klasické vzdáleně ovládané (remote control) experimenty, ale jedná se o vzdálené sledování (remote sensing) několika přírodních prvků (teplota, vlhkost, tlak, světlo – experiment č. 4 a radioaktivita – experiment č. 5). V současné době můžeme prostřednictvím internetu on-line sledovat změny meteorologických prvků (teplota, vlhkost, tlak, proudění vzduchu, oblačnost, srážky apod.) z mnoha míst světa. V meteorologických ústavech získávají naměřené údaje z umělých družic Země, sond a profesionálních meteorologických přístrojů.

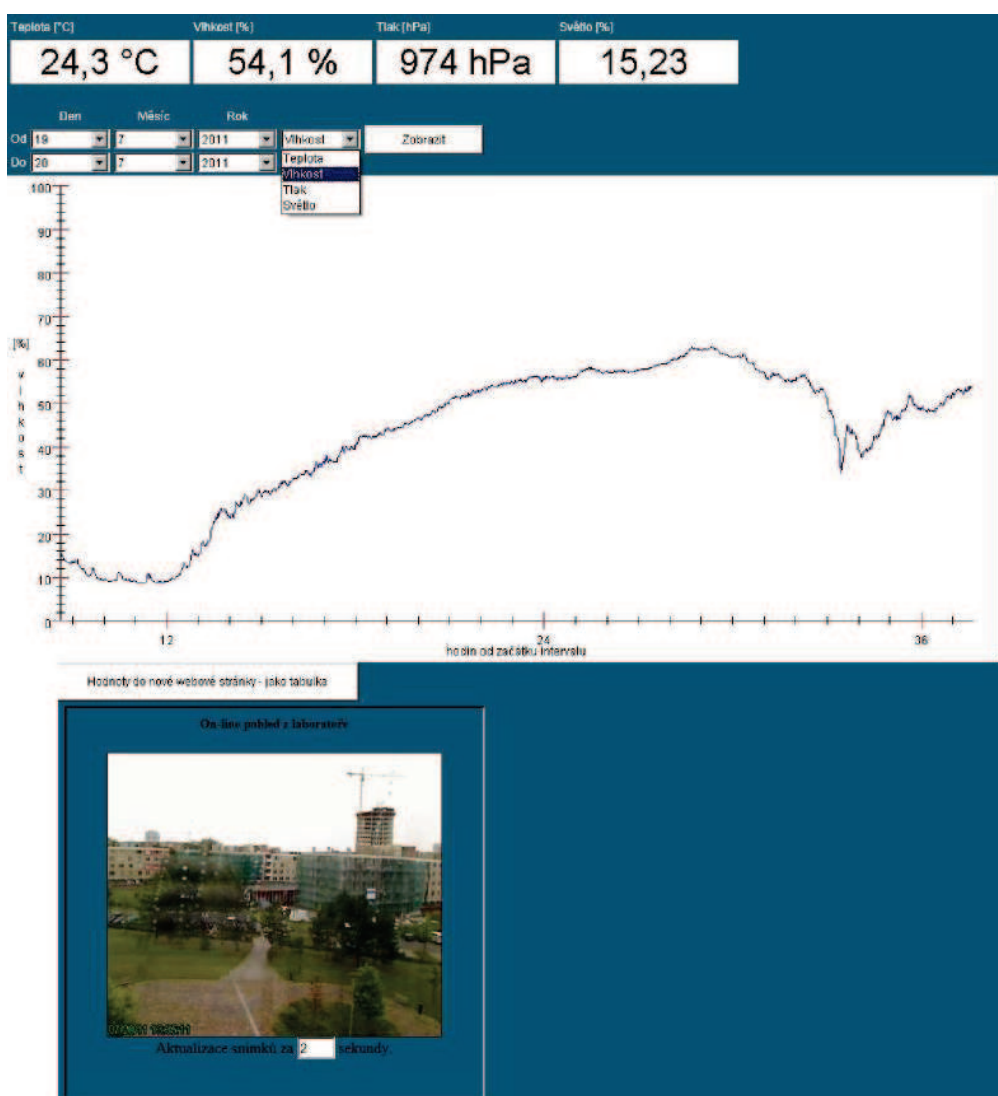


Obr. 4.16 ISES USB modul meteorologická stanice.

K záznamu dat u našeho experimentu č. 4 používáme ISES USB modul meteorologická stanice (viz obr. 4.16), který je určen především pro měření na školách. Tento modul je připojen k počítači v laboratoři na KEF PŘF UP a nepřetržitě zaznamenává aktuální hodnoty teploty, vlhkosti, tlaku a světla. Vzdálenou komunikaci umožňuje webový server Nginx. Vzdálený uživatel může na naší webové stránce (viz obr. 4.17) on-line sledovat změny měřených údajů a má také možnost získat naměřené hodnoty z libovolně zvoleného časového intervalu (od spuštění měření, tj. od 19. 7. 2011). Tyto údaje se v grafické podobě zobrazují na webové stránce, ale lze je zobrazit i v číselné podobě a stáhnout je např. do Excelu. Naměřené údaje z naší laboratoře lze srovnávat

s údaji v podobných (školních) laboratořích v Praze, Brně či Trnavě, nebo s hodnotami profesionálních meteorologických ústavů eventuálně s údaji z vlastního měření meteorologických prvků doma či ve škole.

Na webové stránce <http://ictphysics.upol.cz/remotelab/> je experiment volně přístupný, bez nutnosti registrace. Uživatelé k ovládání experimentu nepotřebují speciální software, ale pouze standardní program Java. Ve stejný okamžik může sledovat tento experiment libovolný počet uživatelů. Kromě měřených prvků je ve spodní části stránky on-line přenos z webové kamery, který zobrazuje změny počasí venku před laboratoří, aby bylo docíleno zvýšení pocitu reálného měření.

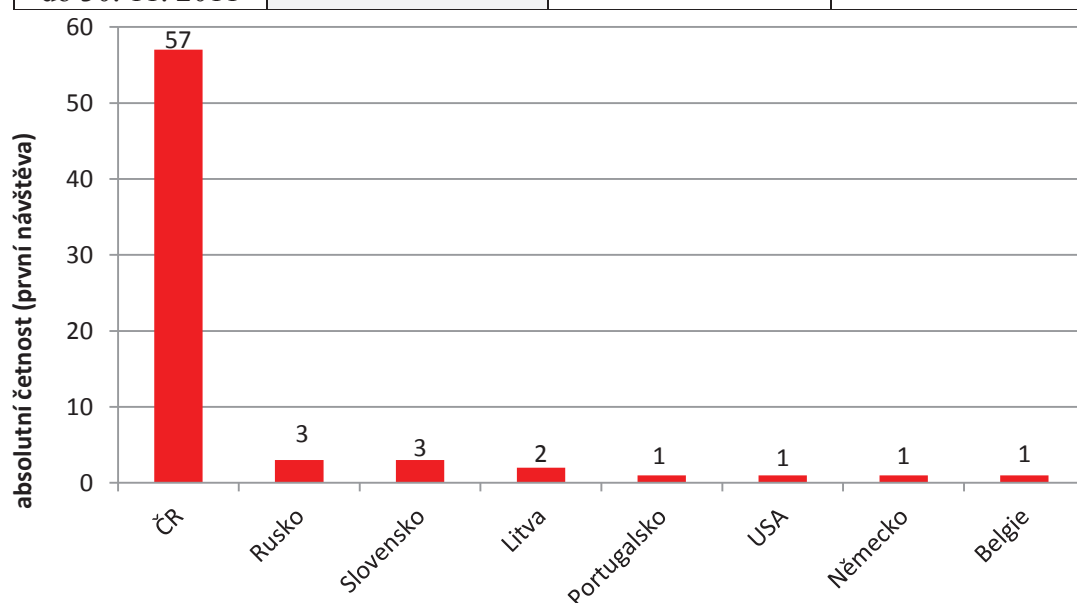


**Obr. 4.17** Webová stránka, z které uživatel ovládá vzdálený experiment č. 4.

Počet uživatelů, kteří navštívili webovou stránku s tímto pokusem, od 19. 7. 2011 do 30. 11. 2011, je zobrazen v tabulce 4.11. Tento experiment existuje ve dvou jazykových mutacích (česky a anglicky) a ačkoliv je experiment v on-line provozu jen několik týdnů pozorujeme již i přístupy zahraničních uživatelů (viz graf 4.6).

**Tabulka 4.11** Seznam uživatelů, kteří navštívili webovou stránku s tímto experimentem.

časové období	první návštěva	opakovaná návštěva do 60 min.	celkem
od 19. 7. 2011 do 30. 11. 2011	69	25	94



**Graf 4.6** Četnost „první návštěvy“ u experimentu č. 4 dle země z jaké se uživatelé přihlásili.

## 4.5 Experiment č. 5: Monitorování radioaktivního pozadí v Olomouci

Jako pátý vzdáleně ovládaný experiment jsme zvolili *Monitorování radioaktivního pozadí v Olomouci*. I v tomto případě se nejedná o klasický vzdáleně ovládaný (remote control) experiment, ale o vzdálené sledování (monitoring) radioaktivního pozadí na

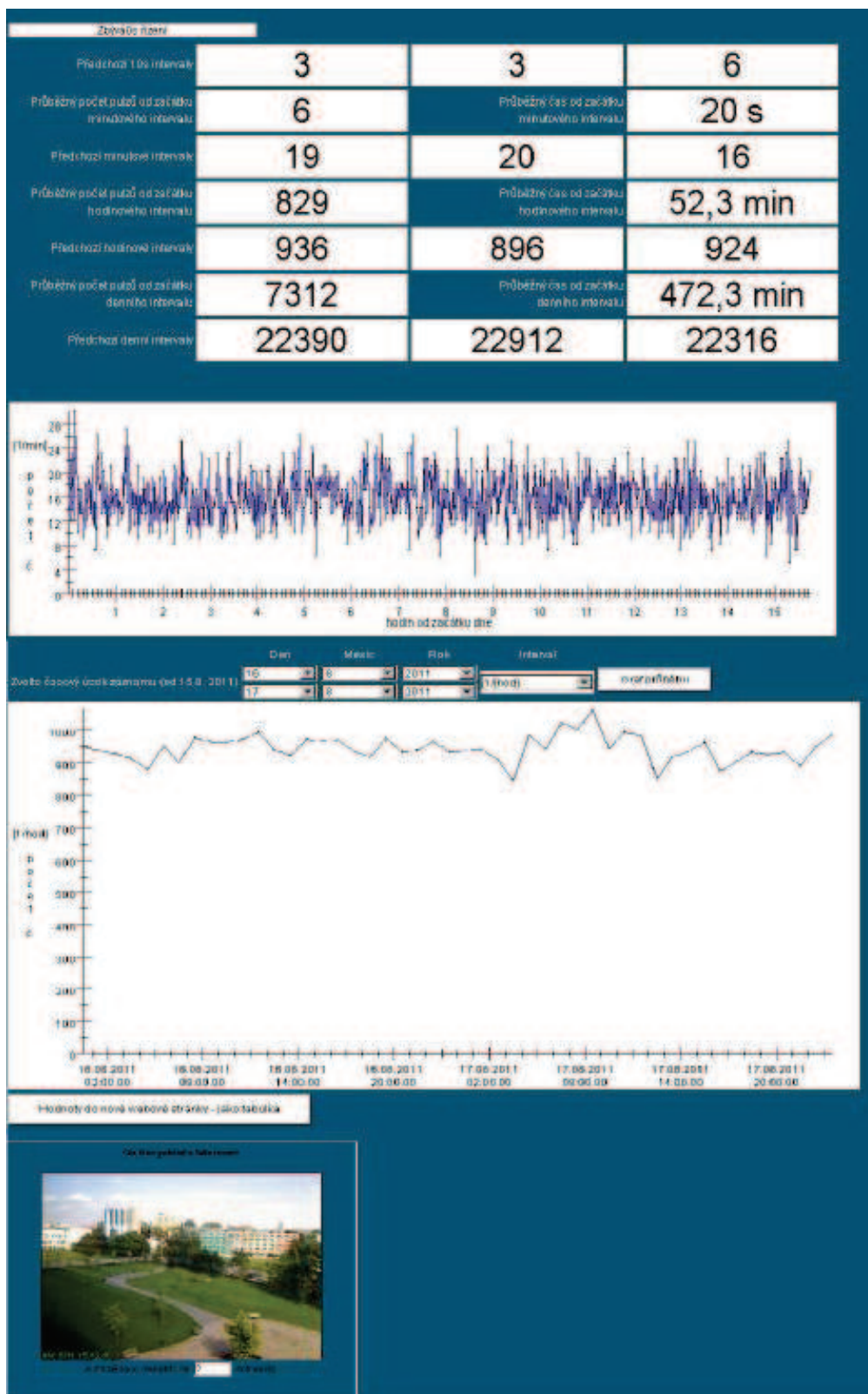


určitém místě v daném časovém intervalu (remote sensing). Kromě počítače s připojením na internet a webové kamery (s aktualizací obrazu každé 2s), která zaznamenává aktuální dění před budovou PŘF UP v Olomouci je nejdůležitější částí tohoto experimentu USB ISES modul Geiger-Müller counter, který obsahuje Geiger-Müllerův čítač (viz obr. 4.18). Tento modul zaznamenává počet dopadajících alfa, beta a gama částic na USB modul v naší laboratoři. Softwarovou stránku experimentu tvoří program ISES Web Control a vzdálenou komunikaci umožňuje webový server Nginx.



**Obr. 4.18** USB modul Geiger-Müller counter.

Tento experiment byl oficiálně spuštěn 15. 8. 2011. Na webové stránce <http://ictphysics.upol.cz/remotelab/> mají vzdálení uživatelé možnost sledovat informace o počtu částic, které dopadly na Geiger-Müllerův čítač v posledních 10s, během předcházející minuty, během předcházející hodiny nebo v průběhu předcházejícího dne (viz obr 4.19). K ovládní/sledování tohoto experimentu, který je vytvořen v české i anglické jazykové mutaci, je potřeba pouze program Java. Data jsou zaznamenávána nepřetržitě od spuštění experimentu. Uživatelé si mohou vybrat časový úsek a zobrazit si zaznamenané hodnoty z tohoto intervalu. Naměřené údaje jsou volně k dispozici libovolným zájemcům, mohou si je stahovat do svých počítačů, analyzovat a srovnávat.



Obr. 4.19 Webová stránka, z které uživatel ovládá vzdálený experiment č. 5.

Stejný experiment zatím existuje pouze na MFF UK v Praze a na univerzitě v Sofii. Doc. František Lustig z MFF UK v Praze vytvořil v aplikaci Google Maps webovou stránku <http://kdt-1.karlov.mff.cuni.cz/> (viz obr. 4.20), na které jsou zobrazeny tyto tři stejné měření radioaktivního pozadí. Na webové stránce se zobrazuje u každé laboratoře počet částic, které dopadly na čítače v těchto laboratořích během poslední minuty (hodnoty na stránce se aktualizují každou minutu). Pro tento typ laboratoře používá doc. F. Lustig označení *RemLabNet* (Lustig, 2011c).

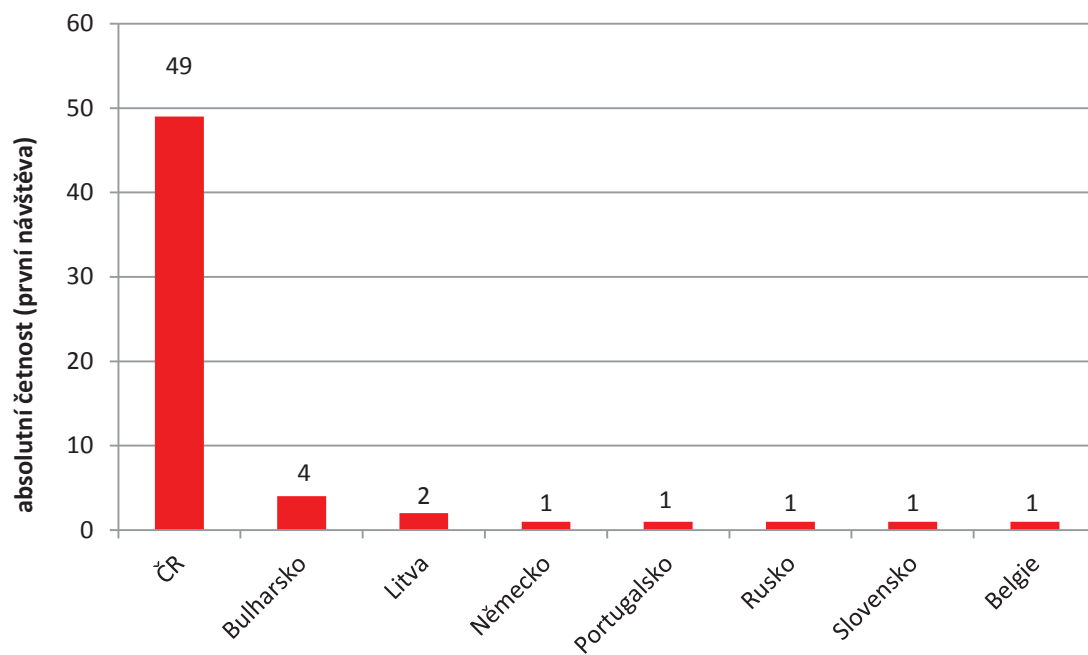


Obr. 4.20 Google Maps – k vzdáleně ovládanému experimentu č. 5.

Tento experiment je na webové stránce jen několik týdnů. Počet uživatelů, kteří navštívili tento experiment od 15. 8. 2011 do 30. 11. 2011, je uveden v tabulce 4.12. Většina přístupů je z ČR, ale lze sledovat i přístupy ze zahraničí (viz graf 4.7).

Tabulka 4.12 Seznam uživatelů, kteří navštívili webovou stránku s tímto experimentem.

časové období	první návštěva	opakovaná návštěva do 60 min.	celkem
od 19. 7. 2011 do 30. 11. 2011	60	45	105



**Graf 4.7** Četnost „první návštěvy“ u experimentu č. 5 dle země z jaké se uživatelé přihlásili.

## 5 Dotazníkové šetření

Pokaždé, když člověk něco dělá, tak jej zcela přirozeně zajímá, zda je o jeho činnost zájem, resp. zda postupuje správným směrem. Z osobních rozhovorů s učiteli fyziky (především na konferencích: *Veletrh nápadů učitelů fyziky 14* v Brně a *Veletrh nápadů učitelů fyziky 15* v Praze) vyplynulo, že ke vzdáleně ovládaným experimentům projevuje určitá skupina učitelů negativní postoj. Ukázalo se ovšem také, že mnozí z těchto učitelů nevyužívají vzdáleně ovládané experimenty ve své výuce a znají pouze jednu webovou stránku (<http://ises.info/>) s těmito experimenty. Naopak na zahraničních konferencích, kde byl tento typ experimentů prezentován, projevovali učitelé fyziky kladný postoj a zájem o tyto laboratoře a ve většině případů znali také pouze jednu webovou stránku s těmito pokusy (<http://rcl.physik.uni-kl.de/>). Z osobních rozhovorů s žáky středních škol a studenty vysokých škol vyplynulo, že u této cílové skupiny jsou vzdáleně ovládané experimenty hodnoceny velmi pozitivně (ačkoliv se dříve na své SŠ s tímto typem experimentů neseťkali).

Z těchto i dalších rozhovorů s učiteli fyziky i studenty vzešlo hned několik otázek (problémů), které by měly být podrobeny bližšímu zkoumání. *Jaká je četnost využívání internetu, apletů a vzdáleně ovládaných experimentů v hodinách fyziky na SŠ? Existují významné rozdíly mezi učiteli SŠ a studenty v posuzování četností prováděných experimentů na SŠ? Závisí četnost provádění fyzikálních experimentů na pedagogické praxi učitele? Jaký je postoj učitelů SŠ a studentů k vzdáleně ovládaným experimentům v okamžiku, kdy se s tímto typem experimentů seznámí? Zvýší se četnost provádění vzdáleně ovládaných experimentů v hodinách fyziky na SŠ, když učitelé obdrží návody (manuály) pro práci s těmito experimenty? Má smysl věnovat se rozvoji a tvorbě*

*vzdáleně ovládaných experimentů? Co považují učitelé fyziky ze SŠ za největší výhody a nevýhody vzdáleně ovládaných experimentů?*

Od června do září 2010 proběhl předvýzkum dotazníkového šetření. Celkem 18 respondentů (10 studentů VŠ a 8 pedagogů SŠ) vyplnilo první verzi dotazníku a byli vyzváni k tomu, aby kromě vyplnění také připsali komentáře k jednotlivým otázkám, či položkám. Na základě předvýzkumu byly některé otázky přeformulovány, nebo zcela vynechány a nahrazeny jinými, nebo došlo k úpravě nabízených odpovědí.

## **5.1 Výběr respondentů dotazníkového šetření**

Pro dotazníkové šetření byly vybrány dvě cílové skupiny. V říjnu a listopadu 2010 vyplňovali dotazník studenti 1. a 2. ročníku bakalářského studia na Přírodovědecké fakultě UP v Olomouci. Konkrétně se jednalo o studenty, kteří v době výzkumu navštěvovali předměty týkající se fyziky (*Fyzika 1, Seminář z matematiky pro fyziky a Fyzikální praktikum*). Jednalo se o studenty z oborů: *Aplikovaná fyzika, Biofyzika, Optika a optoelektronika, Obecná fyzika a matematická fyzika, Chemie, Biochemie, Biorganická chemie a Učitelství fyziky v kombinaci s matematikou, chemií, výpočetní technikou nebo biologií*. Do tohoto šetření byli záměrně vybráni pouze studenti 1. a 2. ročníku bakalářského studia, protože v první části dotazníku (otázky 1-5) se veškeré dotazy týkaly předcházejícího studia na střední škole. Studenti této věkové kategorie mohou zcela nezaujatě a zodpovědně zhodnotit určité faktory ve výuce fyziky na své SŠ a současně pro ně není toto období příliš vzdálené. Celkem se tohoto dotazníkového šetření zúčastnilo 74 studentů (41 dívek a 33 chlapců). 58 studentů navštěvovalo gymnázium před nástupem na VŠ, 16 studentů absolvovalo SOŠ (viz tabulka 5.1).

Druhou cílovou skupinu dotazníkového šetření tvořili učitelé fyziky středních škol z Olomouckého a Moravskoslezského kraje. Dotazník celkem vyplnilo 48 učitelů fyziky ze SŠ (29 žen a 19 mužů), 36 pedagogů učilo na gymnáziu a 12 na SOŠ (viz tabulka 5.1).

**Tabulka 5.1**

učitelé fyziky	ŽENY		MUŽI		celkem
	z gymnázií	ze SOŠ	z gymnázií	ze SOŠ	
	25	4	11	8	<b>48</b>
studenti z PŘF UP	DÍVKY		CHLAPCI		celkem
	z gymnázií	ze SOŠ	z gymnázií	ze SOŠ	
	33	8	25	8	<b>74</b>

## 5.2 Podmínky sestavování a zadávání dotazníkového šetření

Při sestavování dotazníků (pro učitele a studenty) jsme vycházeli z pravidel a požadavků, které by se měly dodržovat při konstrukci takovýchto pedagogických výzkumů. Nejdůležitější požadavky při konstrukci dotazníku podle (Chráška, 1998) jsou:

- *Položky v dotazníku musí být všem respondentům jasné a srozumitelné.*
- *Musíme respektovat to, jakým respondentům je dotazník určen (věk, vzdělání, motivace).*
- *Položky v dotazníku by měly být formulovány co možná nejstručněji.*
- *Formulace položek v dotazníku musí být naprosto jednoznačná a nesmí připouštět chápání více způsobů.*
- *Dotazník by neměl být příliš rozsáhlý.*
- *Dotazník musí vždy obsahovat jasné pokyny k vyplňování.*
- *Při konstrukci dotazníku je třeba dbát na to, aby získané údaje bylo možno snadno třídit, tabelovat a zpracovávat.*

Všem respondentům, kteří se zúčastnili našeho výzkumu, byl dotazník (viz přílohy č. 1 a 2) rozdělán v papírové podobě. Jelikož z osobních rozhovorů a provedeného předvýzkumu vyplynulo, že studenti a učitelé znají vzdáleně ovládané experimenty jen

velmi okrajově, nebylo možné rozdat respondentům pouze dotazník s otázkami týkající se vzdálených laboratoří. Současně s dotazníkem obdržel každý dotazovaný námi vytvořený pracovní list *Voltampérové charakteristiky různých zdrojů světla* (viz příloha č. 5). Respondenti si tyto materiály odnesli domů (resp. do práce či školy), kde museli navštívit naši webovou stránku <http://ictphysics.upol.cz/remotelab/> a podle instrukcí v pracovním listu provést vzdálené měření. V druhé části dotazníkového šetření (otázky 6-10) byly položky, které se týkaly konkrétního vzdáleného měření na našich webových stránkách. Bez provedení tohoto vzdáleného měření (prostřednictvím internetu) nebylo možné vyplnit odpovědi v této části dotazníkového šetření.

Samotné předání dotazníku respondentům proběhlo třemi různými způsoby. V říjnu 2010 obdrželi studenti 1. a 2. ročníku bakalářského studia PřF UP dotazník od svého vyučujícího na přednášce (resp. cvičení) a do příští hodiny (nejpozději do 14 dnů) donesli dotazník vyplněný zpět. Učitelé fyziky středních škol obdrželi dotazník osobně dne 11. listopadu 2010 na semináři Slovanského gymnázia Olomouc (v rámci projektu Rozvoj profesních kompetencí učitelů fyziky základních a středních škol v Olomouckém kraji) a do příštího semináře (14. prosince 2010) donesli dotazník vyplněný zpět. Po odevzdání dotazníku (14. prosince 2010) proběhlo v rámci semináře proškolení učitelů fyziky v oblasti využívání vzdáleně ovládaných experimentů ve výuce. Jelikož na tomto semináři bylo 23 učitelů fyziky ze středních škol,<sup>24</sup> tak jsme v lednu 2011 rozeslali obálky poštou 60 učitelům fyziky středních škol z Olomouckého a Moravskoslezského kraje. Každá obálka obsahovala dotazník, pracovní list a ofrankovanou obálku s nadepsanou adresou KEF PřF UP. Do konce února 2011 jsme prostřednictvím pošty obdrželi zpět 25 správně vyplněných dotazníků od učitelů fyziky SŠ.

Dotazník byl pro všechny respondenty anonymní (z osobních otázek bylo potřeba vyplnit pouze pohlaví respondentů, typ školy a u dotazníku pro učitele navíc délka pedagogické praxe). Nesprávně vyplněné dotazníky (např. dotazníky, ve kterých

---

<sup>24</sup>Na tomto semináři odevzdalo vyplněný dotazník kromě 23 učitelů SŠ také ještě 5 učitelů ZŠ. Data od učitelů ZŠ nebyly pro nedostatečný statistický vzorek zařazeny do výsledných analýz a vyhodnocení.



respondent nedodržel instrukce a označil více odpovědí, nebo neoznačil žádnou odpověď) byly z našeho šetření vyloučeny.

### 5.3 Analýza dat získaných v první části dotazníkového šetření

Při zpracování výsledků dotazníkového šetření jsme postupovali metodou třídění prvního a druhého stupně (zjišťování, kolik jedinců má společný jeden znak, resp. dva shodné znaky). V odborné literatuře (Chráska, 2008) se uvádí, že *při běžných dotazníkových šetřeních zpravidla vystačíme s tříděním prvního a druhého stupně, přičemž u třídění druhého stupně se obvykle vyhledávají souvislosti jen mezi některými položkami*. Při analýze získaných dat a interpretaci výsledků dále testujeme vyslovené hypotézy prostřednictvím statistického testu nezávislosti chí-kvadrát ( $\chi^2$ ) pro kontingenční tabulku.

U všech otázek v této první části (otázky č. 1-5) měli respondenti (učitelé i studenti) k dispozici naprosto stejnou škálu odpovědí a museli vždy označit jednu z možností u každé otázky. Škála odpovědí (u otázek č. 1-5) byla následující:

*A – nikdy,*

*B – 1-2krát za pololetí,*

*C – 1 krát za měsíc,*

*D – 2-5 krát za měsíc,*

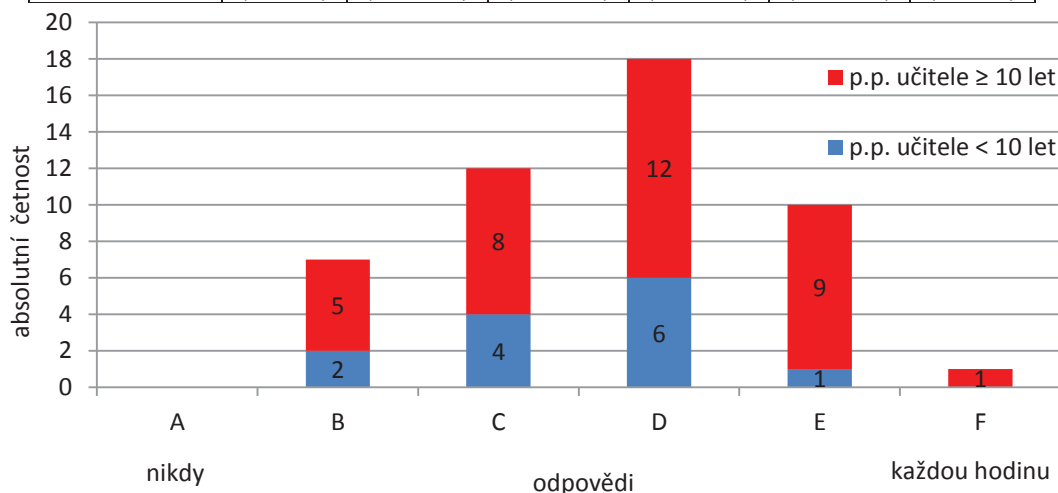
*E – 6 a vícekrát za měsíc,*

*F – každou hodinu.*

**Otázka č. 1 (uč.):<sup>25</sup> Jak často provádíte pokusy v hodinách fyziky (pokusy učitele)?**

**Tabulka 5.2** Četnost odpovědi na otázku č. 1 (uč.)

Pedagogická praxe učitele	Absolutní četnost / Relativní četnost (%)					
	A (1)	B (2)	C (3)	D (4)	E (5)	F (6)
< 10 let	0 (0,0 %)	2 (15,4 %)	4 (30,8 %)	6 (46,1 %)	1 (7,7 %)	0 (0,0 %)
≥ 10 let	0 (0,0 %)	5 (14,3 %)	8 (22,8 %)	12 (34,3 %)	9 (25,7 %)	1 (2,9 %)



**Graf 5.1** Četnost odpovědi na otázku č. 1 (uč.).

Z tabulky 5.2 a grafu 5.1 si lze udělat základní představu o četnostech provádění experimentů učiteli v hodinách fyziky různě zkušených pedagogů. Pro rychlou představu o získaných datech budeme využívat charakteristiky polohy, a to konkrétně medián  $\tilde{x}$ <sup>26</sup> a modus  $\hat{x}$ <sup>27</sup> a také stanovujeme vážený průměr.<sup>28</sup> Jak uvádí (Chráška, 2008) *charakteristika polohy neříká nic o skladbě hodnot, z nichž byla vypočítána. Informace o tom, jak dalece jsou jednotlivé hodnoty kolem střední hodnoty nakupeny (či naopak rozptýleny) vyjadřují tzv. míry variability (charakteristiky rozptýlení).* Pro

<sup>25</sup>U otázek budeme používat znak (uč.) pro otázky, které byly položeny učitelům fyziky SŠ a znak (st.) pro otázky, které byly položeny studentům.

<sup>26</sup>Medián  $\tilde{x}$  je prostřední hodnota z řady hodnot seřazených podle velikosti. Je to hodnota, která rozděljuje soubor dat na dvě stejné části (Chráška, 2008).

<sup>27</sup>Modus  $\hat{x}$  je hodnota, která se v daném souboru vyskytuje nejčastěji. Určování modu má smysl pouze v případě tzv. jednovrcholového rozdělení (tj. v případě, kdy pouze jedna hodnota má největší četnost) (Chráška, 2008).

<sup>28</sup>Násobící koeficienty pro výpočet váženého průměru jsou stanoveny následovně: odpověď A (nikdy) = 1, odpověď B = 2, ..., odpověď F (každou hodinu) = 6.

potřeby tohoto dotazníkového šetření budeme jako míru variability užívat tzv. normovanou nominální variaci (NNV), kterou lze vypočítat ze vztahu (Chráška, 2008):

$$NNV = \frac{n^2 - \sum n_k^2}{n^2} \cdot \frac{k}{k-1}, \quad (5.1)$$

kde  $n$  je celková četnost všech odpovědí,  $n_k$  jsou četnosti odpovědí v jednotlivých kategoriích a  $k$  je počet kategorií v dotazníkové položce. NNV nabývá hodnot v intervalu 0 až 1.

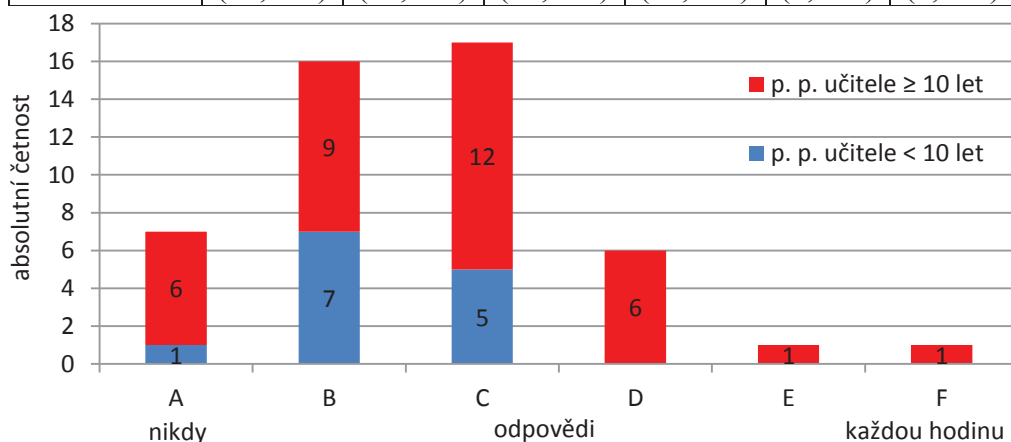
Pro otázku č. 1 (uč.) platí:

- (p. p. učitele < 10 let): medián  $\tilde{x} = D$  (2-5 krát za měsíc), modus  $\hat{x} = D$ ,  $NNV = 0,80$ , vážený průměr = 3,46;
- (p. p. učitele  $\geq 10$  let): medián  $\tilde{x} = D$ , modus  $\hat{x} = D$ ,  $NNV = 0,89$ , vážený průměr = 3,80.

**Otázka č. 2 (uč.):** Jak často provádí žáci pokusy v hodinách fyziky (**pokusy žáků**)?

Tabulka 5.3 Četnost odpovědí na otázku č. 2 (uč.)

Pedagogická praxe učitele	Absolutní četnost / Relativní četnost (%)					
	A (1)	B (2)	C (3)	D (4)	E (5)	F (6)
< 10 let	1 (7,7 %)	7 (53,8 %)	5 (38,5 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)
$\geq 10$ let	6 (17,1 %)	9 (25,7 %)	12 (34,3 %)	6 (17,1 %)	1 (2,9 %)	1 (2,9 %)



Graf 5.2 Četnost odpovědí na otázku č. 2 (uč.).

Pro otázku č. 2 (uč.) platí:

- (p. p. učitele < 10 let): medián  $\tilde{x} = B$  (1-2 krát za pololetí), modus  $\hat{x} = B$ ,  $NNV = 0,67$ , vážený průměr = 2,31;
- (p. p. učitele  $\geq 10$  let): medián  $\tilde{x} = C$  (1 krát za měsíc), modus  $\hat{x} = C$ ,  $NNV = 0,91$ , vážený průměr = 2,71.

Učitelé SŠ nejčastěji uváděli (celková rel. č. 37,5 %), že v hodinách fyziky provádějí pokusy 2-5 krát za měsíc (odpověď D). Možnost A (nikdy) neoznačil žádný z dotazovaných pedagogů. U otázky č. 2 (Jak často provádí žáci pokusy v hodinách fyziky?) byla nejčastěji označena (celková rel. č. 35,4 %) možnost C (1 krát za měsíc).

Po základní analýze získaných dat z otázek č. 1 (uč.) a č. 2 (uč.) přejdeme k sestavení kontingenční tabulky  $P1^{29}$  (viz příloha č. 4) a k formulování nulové  $H_{10}$  a alternativní hypotézy  $H_{1A}$ . *Statistickou hypotézu neověřujeme přímo, nýbrž vždy proti nějakému jinému tvrzení, obvykle proti tzv. nulové hypotéze  $H_0$ . Nulová hypotéza je domněnka, která prostřednictvím statistických termínů tvrdí, že mezi proměnnými, které zkoumáme, není vztah. Pokud se při statistické analýze ukáže, že nulovou hypotézu je možno odmítnout, přijímáme tzv. alternativní hypotézu  $H_A$*  (Chráska, 2008).

**$H_{10}$ :** Celková četnost provádění experimentů v hodinách fyziky je stejná u učitelů s delší pedagogickou praxí ( $\geq 10$  let) jako u učitelů s kratší p. p. (< 10 let).

**$H_{1A}$ :** Celková četnost provádění experimentů v hodinách fyziky je rozdílná mezi učiteli s delší pedagogickou praxí ( $\geq 10$  let) a učiteli s kratší p. p. (< 10 let).

Pro verifikaci hypotézy použijeme statistický test nezávislosti chí-kvadrát ( $\chi^2$ ) pro kontingenční tabulku. Test významnosti provedeme na hladině významnosti 0,05. Vypočítaná hodnota testového kritéria  $\chi^2 = 5,023$ . Protože má kontingenční tabulka P1

---

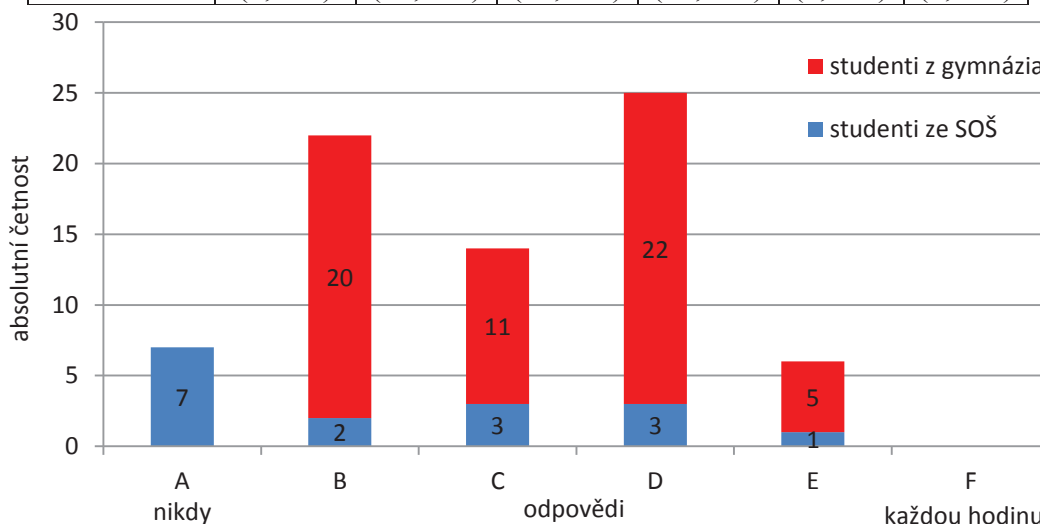
<sup>29</sup>Pro tuto kontingenční tabulku jsme spojili odpovědi E a F do jedné možnosti.

(viz příloha č. 4) 4 stupně volnosti, srovnáme vypočítanou hodnotu  $\chi^2$  s kritickou hodnotou  $\chi^2_{0,05}(4) = 9,488$  (Chráska, 2008). Vypočítaná hodnota testového kritéria je menší než hodnota kritická, a proto nelze odmítnout nulovou hypotézu. **Nebylo tedy prokázáno, že četnost provádění experimentů v hodinách fyziky je rozdílná mezi učiteli s delší pedagogickou praxí ( $\geq 10$  let) a učiteli s kratší pedagogickou praxí ( $< 10$  let). Nebyl zjištěn významný vztah mezi věkem učitelů fyziky SŠ a celkovou četností provádění experimentů v hodinách fyziky na SŠ.**

**Otázka č. 1 (st.):** *Jak často prováděl Váš učitel na SŠ pokusy v hodinách fyziky (pokusy učitele)?*

**Tabulka 5.4** Četnost odpovědí na otázku č. 1 (st.)

	Absolutní četnost / Relativní četnost (%)					
	A (1)	B (2)	C (3)	D (4)	E (5)	F (6)
SOŠ	7 (43,8 %)	2 (12,5 %)	3 (18,7 %)	3 (18,7 %)	1 (6,3 %)	0 (0,0 %)
Gymnázium	0 (0,0 %)	20 (34,5 %)	11 (19,0 %)	22 (37,9 %)	5 (8,6 %)	0 (0,0 %)



**Graf 5.3** Četnost odpovědí na otázku č. 1 (st.).

*Pro otázku č. 1 (st.) platí:*

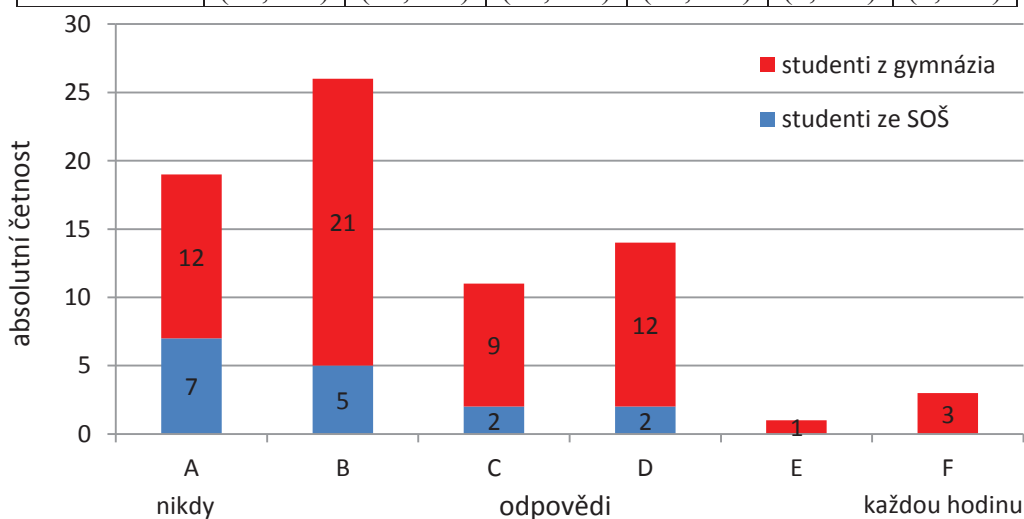
- (studenti ze SOŠ): medián  $\tilde{x} = B$  (1-2 krát za pololetí), modus  $\hat{x} = A$  (nikdy),  $NNV = 0,86$ , vážený průměr = 2,31;

- (studenti z gymnázia): medián  $\tilde{x} = C$  (1 krát za měsíc), modus  $\hat{x} = D$  (2-5 krát za měsíc),  $NNV = 0,83$ , vážený průměr = 3,21.

**Otázka č. 2 (st.):** Jak často jste prováděli na SŠ pokusy v hodinách fyziky (pokusy žáků)?

**Tabulka 5.5** Četnost odpovědí na otázku č. 2 (st.)

	Absolutní četnost / Relativní četnost (%)					
	A (1)	B (2)	C (3)	D (4)	E (5)	F (6)
SOŠ	7 (43,8 %)	5 (31,2 %)	2 (12,5 %)	2 (12,5 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)
Gymnázium	12 (20,7 %)	21 (36,2 %)	9 (15,5 %)	12 (20,7 %)	1 (1,7 %)	3 (5,2 %)



**Graf 5.4** Četnost odpovědí na otázku č. 2 (st.).

Pro otázku č. 2 (st.) platí:

- (studenti ze SOŠ): medián  $\tilde{x} = B$  (1-2 krát za pololetí), modus  $\hat{x} = A$  (nikdy),  $NNV = 0,82$ , vážený průměr = 1,94;
- (studenti z gymnázia): medián  $\tilde{x} = B$ , modus  $\hat{x} = B$ ,  $NNV = 0,91$ , vážený průměr = 2,76.

U otázky č. 1 zvolilo nejvíce studentů (rel. č. 33,8 %) položku D (2-5 krát za měsíc). Je zajímavé si povšimnout odpovědi A (nikdy), kterou u této otázky nezvolil žádný učitel

fyziky SŠ a ani žádný student, který před nástupem na VŠ studoval na gymnáziu, ale 43,8 % studentů ze SOŠ označilo právě tuto položku. U otázky č. 2 volili studenti nejčastěji (rel. č. 35,1 %) možnost B (1-2 krát za pololetí). Jak uvádí (Chráška, 2008) *dotazník nezjišťuje to, jací respondenti (pedagogická realita) skutečně jsou, ale jen to, jak sami sebe (pedagogickou realitu) vidí, nebo chtějí, aby byli viděni*. Z tohoto důvodu bylo podstatné zjistit, jak se liší odpovědi studentů a učitelů SŠ na četnost provádění experimentů v hodinách fyziky na SŠ.

Po základní analýze získaných dat z otázek č. 1 a č. 2 (uč.) a č. 1 a č. 2 (st.) přejdeme k sestavení kontingenční tabulky  $P2^{30}$  (viz příloha č. 4) a k formulování nulové  $H2_0$  a alternativní hypotézy  $H2_A$ .

**$H2_0$ :** Četnost provádění experimentů v hodinách fyziky na SŠ je podle odpovědi studentů stejná jako podle odpovědi učitelů fyziky SŠ.

**$H2_A$ :** Četnost provádění experimentů v hodinách fyziky na SŠ je podle odpovědi studentů rozdílná než podle odpovědi učitelů fyziky SŠ.

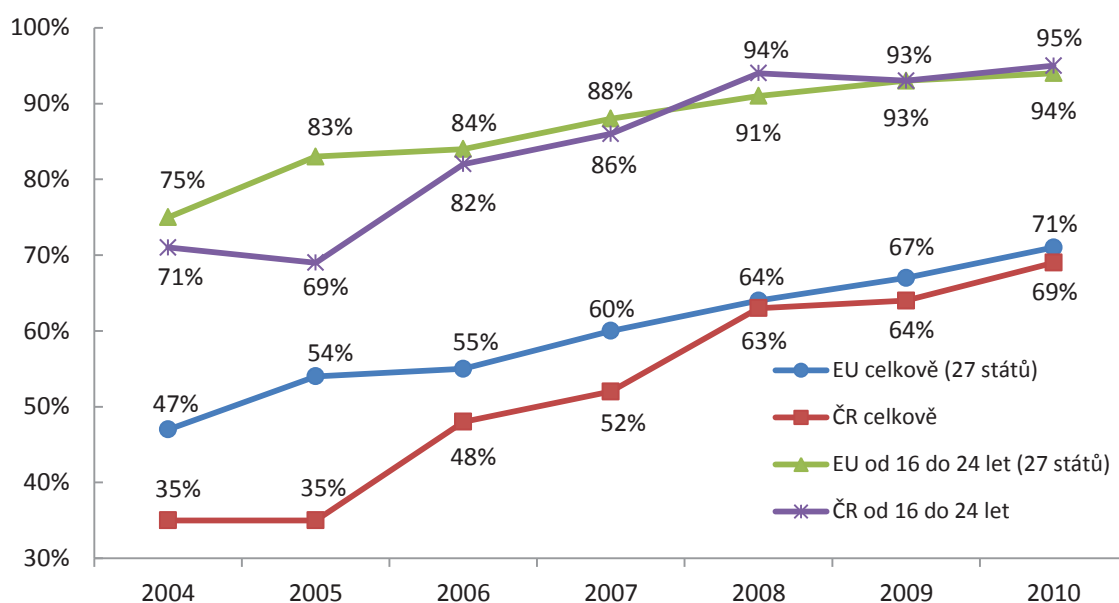
Pro verifikaci hypotézy použijeme statistický test nezávislosti chí-kvadrát ( $\chi^2$ ) pro kontingenční tabulku. Vypočítaná hodnota testového kritéria  $\chi^2 = 13,676$  a kritická hodnota  $\chi^2_{0,01}(4) = 13,277$  (Chráška, 2008). Vypočítaná hodnota testového kritéria je větší než hodnota kritická, a proto lze odmítnout nulovou hypotézu a přijmout hypotézu alternativní. **Dle vážených průměrů u otázek č. 1 a č. 2 plyne, že učitelé fyziky SŠ uvádějí v dotazníkovém šetření vyšší četnosti provádění experimentů ve svých hodinách, než jak je tomu dle odpovědi studentů. Mezi odpověďmi studentů a učitelů fyziky SŠ na otázku četnosti provádění experimentů ve výuce fyziky na SŠ jsou statisticky významné rozdíly. Výsledky této hypotézy neukazují pouze na fakt, že jedna skupina dotazovaných (učitelé fyziky SŠ) navyšovala v dotazníku počty**

---

<sup>30</sup>Pro tuto kontingenční tabulku jsme spojili odpovědi E a F do jedné možnosti.

experimentů, které se provádí v hodinách fyziky a druhá skupina (studenti) naopak počty prováděných experimentů uváděla (záměrně) na nižší úrovni. Výsledky poukazují také na to, že ne každý reálný experiment je ve výuce prováděn efektivně a účelně. Učitelé by neměli za každou cenu předvádět pouze reálné experimenty, ale vždy hledat nejvhodnější předvedení experimentu, např. s využitím virtuální simulace nebo vzdáleně řízeného měření a to dle probíraného tématu a možností, které jim v současné době moderní technologie nabízejí.

Další problematikou, která důležitou měrou ovlivňuje experimentování prostřednictvím internetu, je samotné využívání internetu v hodinách fyziky na SŠ. Bylo tedy důležité zjistit, jaká je v současné době frekvence využívání internetu na českých středních školách a konkrétně v rámci vyučovacích hodin fyziky. Dle celoevropských statistik (EUROSTAT) lze pozorovat, že v Evropské unii (27 států) se každým rokem zvyšuje procento lidí, kteří používají internet (viz graf č. 5.5).

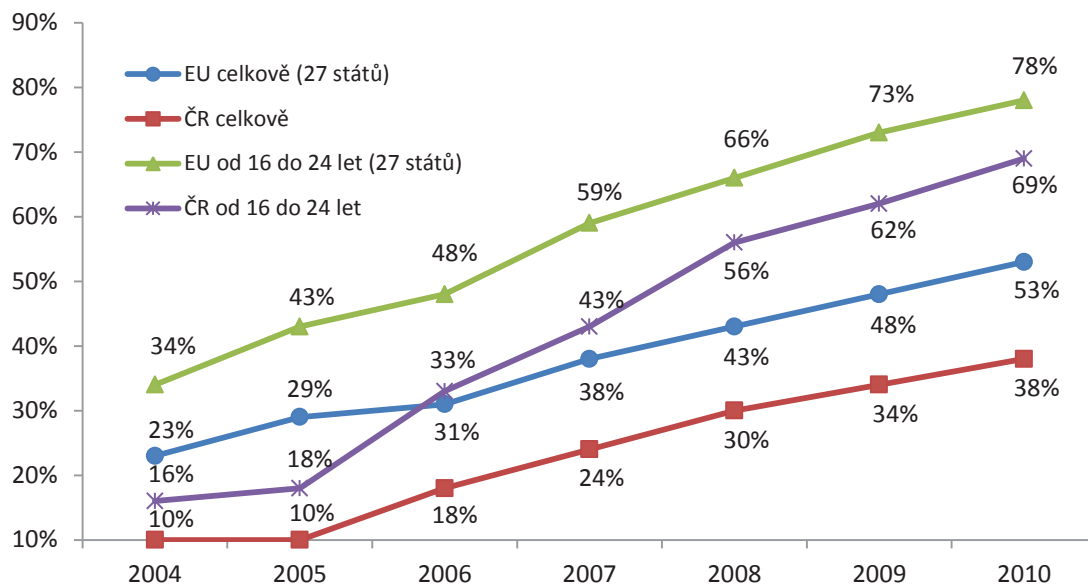


**Graf č. 5.5:** Procento lidí, kteří používají internet. Srovnání ČR a EU v letech 2004-2010. Srovnání všech obyvatel a skupiny obyvatel ve věku 16 až 24 let (EUROSTAT).

V České republice se počet uživatelů internetu v roce 2010 přibližně zdvojnásobil (69 %) oproti údajům z roku 2004 (35 %). 95 % mladých lidí (od 16 do 24 let) v České republice používá internet, což je o 1 % více než průměr této věkové kategorie



v Evropské unii. Graf č. 5.6 ukazuje procento uživatelů, kteří používají internet každý den. V roce 2010 bylo v ČR 69 % lidí ve věkové kategorii od 16 do 24 let, kteří používali internet každý den, což je přibližně čtyřnásobek oproti údajům z roku 2005.



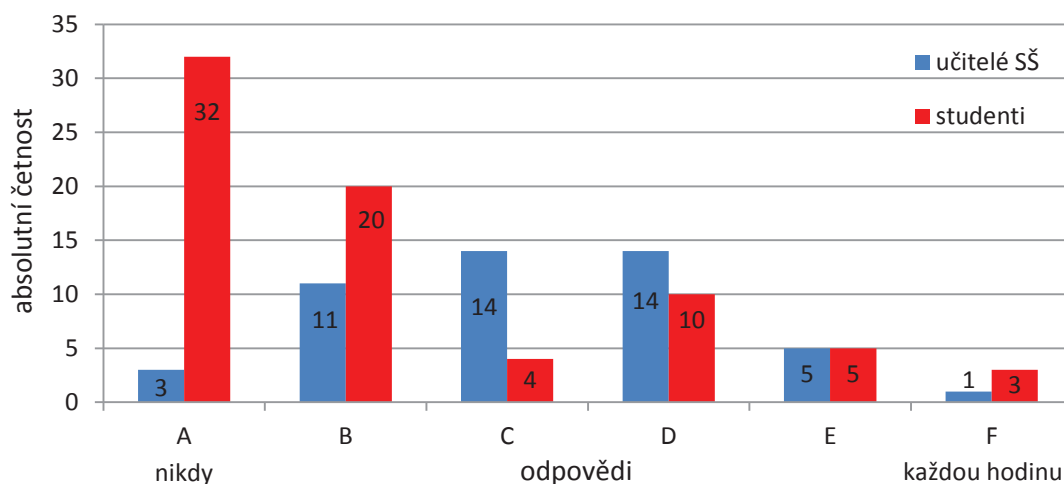
**Graf č. 5.6:** Procento lidí, kteří používají internet každý den. Srovnání ČR a EU. Srovnání všech obyvatel a skupiny obyvatel ve věku 16 až 24 let (EUROSTAT).

**Otázka č. 3 (uč.):** *Jak často využíváte **internet** v hodinách fyziky?*

**Otázka č. 3 (st.):** *Jak často využíval Váš učitel na SŠ **internet** v hodinách fyziky?*

**Tabulka 5.8** Četnost odpovědí na otázku č. 3 (uč.) a (st.)

	Absolutní četnost / Relativní četnost (%)					
	A (1)	B (2)	C (3)	D (4)	E (5)	F (6)
učitelé SŠ	3 (6,2 %)	11 (22,9 %)	14 (29,2 %)	14 (29,2 %)	5 (10,4 %)	1 (2,1 %)
studenti	32 (43,2 %)	20 (27,0 %)	4 (5,4 %)	10 (13,5 %)	5 (6,8 %)	3 (4,1 %)



**Graf 5.7** Četnost odpovědí na otázku č. 3 (uč.) a (st.).

Pro otázku č. 3 (uč.) a (st.) platí:

- (učitelé SŠ): medián  $\tilde{x} = C$  (1 krát za měsíc), nejčastější odpověď byla C a D (2-5krát za měsíc),  $NNV = 0,91$ , vážený průměr = 3,21;
- (studenti): medián  $\tilde{x} = B$  (1-2 krát za pololetí), modus  $\hat{x} = A$  (nikdy),  $NNV = 0,86$ , vážený průměr = 2,26.

Z grafu č. 5.7 vidíme, že rozložení odpovědí u učitelů fyziky SŠ (modrý histogram) připomíná normální (Gaussovo) rozdělení, oproti tomu graf vytvořený z odpovědí studentů (červený histogram) se blíží exponenciálnímu rozdělení. Učitelé fyziky SŠ nejčastěji (rel. č. 29,2 %) volili odpovědi C (1 krát za měsíc) a D (2-5 krát za měsíc), naproti tomu studenti (rel. č. 43,2 %) nejčastěji označili možnost A (nikdy). Tyto odpovědi (především od studentů) ukazují, že internet se ve výuce fyziky na SŠ využívá velmi málo.

Podle vážených průměrů (studenti 2,26, učitelé 3,21) je zřejmé, že učitelé SŠ uvádějí vyšší četnost využívání internetu, než jak je tomu dle odpovědí studentů. Tyto rozdíly u odpovědí studentů a učitelů SŠ (u více otázek) mohou být také způsobeny neefektivitou či neúčelností využití daného prostředku (experiment, počítač, internet apod.) ve výuce. Tuto úvahu potvrzuje např. výroční zpráva České školní inspekce (ČŠI) za školní rok 2009/2010, která hovoří o využívání přístupné didaktické techniky přímo ve výuce. *Přístup k internetu, využívání ICT a softwaru pro výuku zjistila ČŠI*

v 92 % ZŠ. ČŠI upozorňuje na nízký podíl škol, které své materiálně technické vybavení skutečně ve výuce účelně využívají, např. využití přístupné didaktické techniky bylo zjištěno v 55 % sledovaných hodin (Česká školní inspekce).

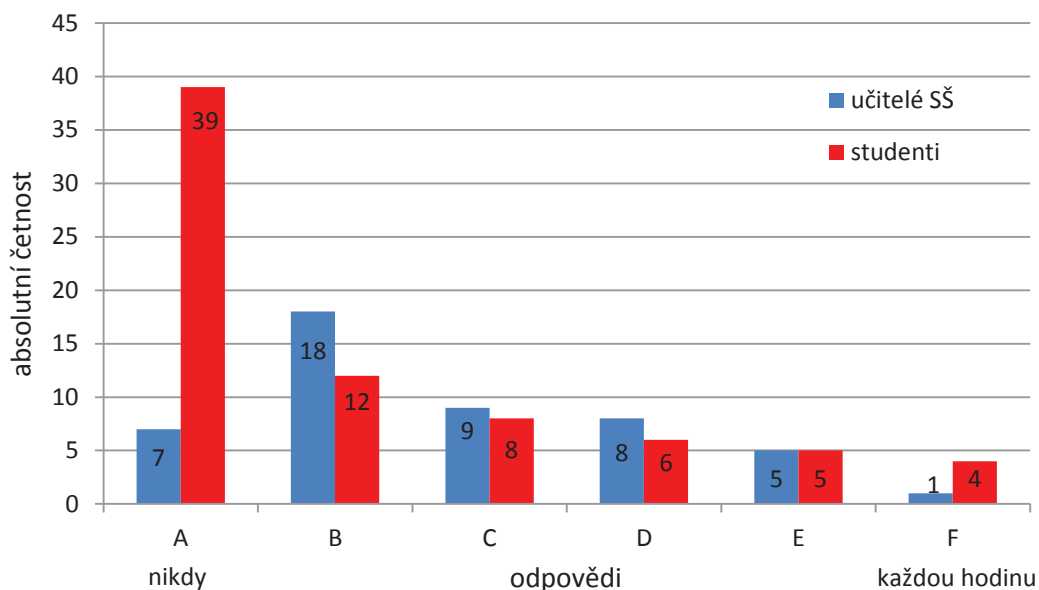
Učitelé fyziky SŠ by měli mnohem více využívat internet ve svých hodinách. Stále více práce a činností se odehrává na internetu. Učitelé SŠ si ovšem ještě zcela nezvykli na využívání E-learningu ve své výuce (stále se používají papírové učebnice místo elektronických materiálů, sešit si většina studentů vede v papírové formě a nikoliv elektronicky, experimentuje se pouze tradičně a vzdálené měření není častým jevem apod.) a to v současné době už vznikají nové, ještě modernější přístupy, např. M-learning (vzdělávání s použitím mobilního telefonu). Žáci si do hodin nosí své notebooky, netbooky, tablety, iPady, chytré telefony SmartPhony a učitel stále píše křídou či fixou na tabuli. Tento přístup nemůže žáky motivovat ke studiu fyziky, ale pouze v nich vytváří pocit, že fyzika je nudný, nezajímavý a náročný předmět, ve kterém se neustále jen počítá a ověřují se poučky a vzorce, které byly vysloveny před stovkami let.

**Otázka č. 4 (uč.):** *Jak často využíváte fyzikální aplety (java aplety, flash animace) v hodinách fyziky?*

**Otázka č. 4 (st.):** *Jak často využíval Váš učitel na SŠ fyzikální aplety (java aplety, flash animace) v hodinách fyziky?*

**Tabulka 5.9** Četnost odpovědí na otázku č. 4 (uč.) a (st.)

	Absolutní četnost/ Relativní četnost (%)					
	A (1)	B (2)	C (3)	D (4)	E (5)	F (6)
učitelé SŠ	7 (14,6 %)	18 (37,5 %)	9 (18,7 %)	8 (16,7 %)	5 (10,4 %)	1 (2,1 %)
studenti	39 (52,7 %)	12 (16,2 %)	8 (10,8 %)	6 (8,1 %)	5 (6,8 %)	4 (5,4 %)



**Graf 5.8** Četnost odpovědí na otázku č. 4 (uč.) a (st.).

Pro otázku č. 4 (uč.) a (st.) platí:

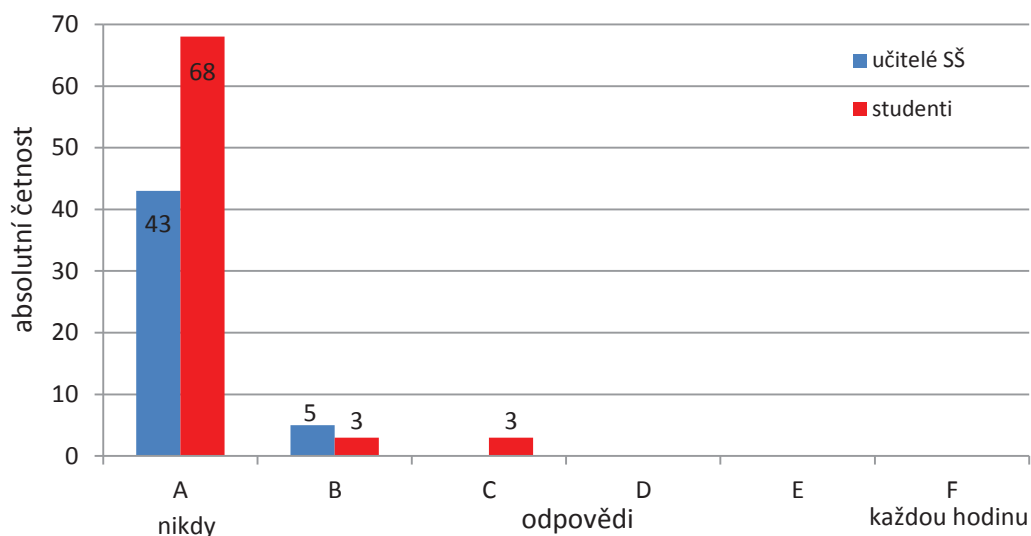
- (učitelé SŠ): medián  $\tilde{x} = B$  (1-2 krát za pololetí), modus  $\hat{x} = B$ ,  $NNV = 0,92$ , vážený průměr = 2,77;
- (studenti): medián  $\tilde{x} = A$  (nikdy), modus  $\hat{x} = A$  (nikdy),  $NNV = 0,80$ , vážený průměr = 2,16.

**Otázka č. 5 (uč.):** Jak často využíváte *Vzdáleně (přes internet) ovládané experimenty* v hodinách fyziky?

**Otázka č. 5 (st.):** Jak často využíval Váš učitel na SŠ *Vzdáleně (přes internet) ovládané experimenty* v hodinách fyziky?

**Tabulka 5.10** Četnost odpovědí na otázku č. 5 (uč.) a (st.)

	Absolutní četnost / Relativní četnost (%)					
	A (1)	B (2)	C (3)	D (4)	E (5)	F (6)
učitelé SŠ	43 (89,6 %)	5 (10,4 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)
studenti	68 (91,8 %)	3 (4,1 %)	3 (4,1 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)



**Graf 5.9** Četnost odpovědí na otázku č. 5 (uč.) a (st.).

Pro otázku č. 5 (uč.) a (st.) platí:

- (učitelé SŠ): medián  $\tilde{x} = A$  (nikdy), modus  $\hat{x} = A$ ,  $NNV = 0,22$ ,  
vážený průměr = 1,10;
- (studenti): medián  $\tilde{x} = A$ , modus  $\hat{x} = A$ ,  $NNV = 0,18$ , vážený průměr = 1,19.

U otázek č. 4 a 5 jsme zjišťovali, jaká je v současné době četnost využívání fyzikálních apletů a vzdáleně ovládaných experimentů ve výuce fyziky na SŠ. Na otázku četnosti používání apletů v hodinách fyziky volili učitelé nejčastěji (rel. č. 37,5 %) odpověď B (1-2 krát za pololetí) a studenti (rel. č. 52,7 %) odpověď A (nikdy). Na otázku č. 5, která nás eminentně zajímala, byly nejčastější odpovědi studentů (rel. č. 91,8 %) i učitelů (rel. č. 89,6 %) zcela jednoznačné: nikdy (možnost A).

Pro ověření významnosti rozdílných četností používání fyzikálních apletů a vzdáleně ovládaných experimentů v hodinách fyziky na SŠ (dle odpovědí učitelů fyziky SŠ) provedeme statistický test nezávislosti chí-kvadrát pro kontingenční tabulku P3<sup>31</sup> (viz příloha č. 4), pro hladinu významnosti 0,01. Jelikož hodnoty váženého průměru pro otázku týkající se četnosti apletů v hodinách fyziky jsou výrazně větší (2,77) než

<sup>31</sup>Pro tuto kontingenční tabulku jsme spojili odpovědi D, E a F do jedné možnosti.

hodnoty váženého průměru pro otázku týkající se četnosti využívání vzdáleně ovládaných experimentů (1,10), lze použít jednostranný statistický test.

**H<sub>30</sub>**: Četnost provádění fyzikálních apletů a vzdáleně ovládaných experimentů v hodinách fyziky na SŠ je stejná.

**H<sub>3A</sub>**: Četnost provádění fyzikálních apletů v hodinách fyziky na SŠ je větší než četnost provádění vzdáleně ovládaných experimentů.

Vypočítaná hodnota testového kritéria  $\chi^2 = 56,268$  a kritická hodnota  $\chi_{0,01}^2(3) = 11,341$  (Chráška, 2008). Vypočítaná hodnota testového kritéria je výrazně (několikanásobně) větší než hodnota kritická, a proto lze odmítnout nulovou hypotézu a přijmout hypotézu alternativní. **Podle učitelů fyziky ze SŠ je četnost provádění fyzikálních apletů v hodinách fyziky na SŠ větší než četnost provádění vzdáleně ovládaných experimentů. Z provedeného průzkumu lze zcela jednoznačně říct, že učitelé fyziky SŠ neprovádějí ve svých hodinách vzdálené měření.**

Jelikož 23 učitelům byl dotazník zadán osobně, lze shrnout nejčastější odůvodnění, které uváděli při osobním pohovoru, proč tento typ experimentů doposud nepoužili. Jedna skupina učitelů fyziky SŠ uváděla, že nemá ve své třídě počítač s kvalitním připojením k internetu. Dalším častým názorem bylo, že tento typ experimentů učitelé fyziky SŠ vůbec neznají.<sup>32</sup> Učitelé také uváděli, že vzdáleně ovládané experimenty znají, ale neví, jak je ovládat a pracovat s nimi. Z tohoto důvodu jsme vytvořili návody

---

<sup>32</sup>Tvorbou a propagací vzdáleně ovládaných experimentů se dlouhodobě zabývá pouze doc. F. Lustig z MFF UK. Na PdF MU v Brně a KEF PřF UP v Olomouci existují vzdálené experimenty cca 3 roky. Za toto období jsme se na KEF PřF UP snažili prezentovat tento typ experimentování na konferencích Veletrh nápadů učitelů fyziky 14, 15 a 16 (Brno, Praha, Olomouc), kde se každoročně setkává více než 100 učitelů fyziky a na konferenci Informační a komunikační technologie ve vzdělávání 2011. Byly publikovány články v českých časopisech M-F-I a Empirie a byl uskutečněn seminář pro učitele fyziky SŠ z Olomouckého kraje o možnostech vzdáleného měření.

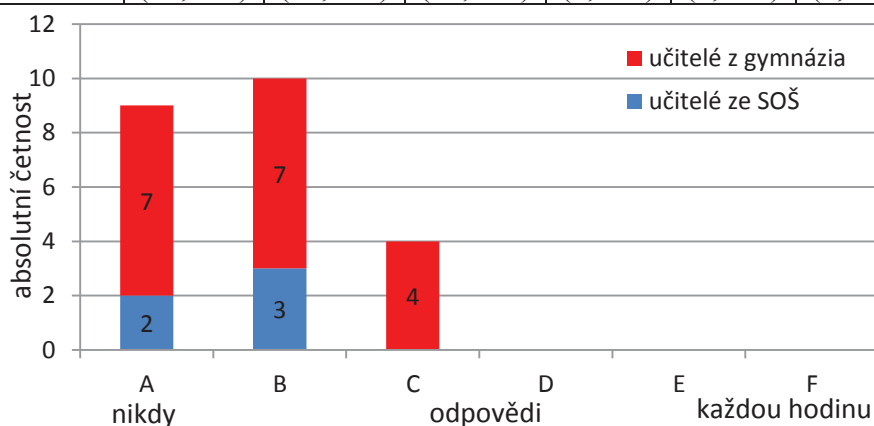
(resp. videonávody), které ukazují učitelům nebo žákům, jak pracovat s různými vzdáleně ovládanými experimenty (nejenom s těmi, které jsou tvořeny na KEF PŘF UP).

Přibližně po půl roce (dne 9. 6. 2011) jsme opět na semináři Slovanského gymnázia Olomouc (v rámci projektu Rozvoj profesních kompetencí učitelů fyziky základních a středních škol v Olomouckém kraji) zadali učitelům stejnou otázku (se stejným výběrem odpovědí).<sup>33</sup>

**Otázka č. 5B** (o cca 6 měsíců později), (uč.): *Kolikrát jste využili **Vzdáleně (přes internet) ovládané experimenty** v hodinách fyziky (během posledního půl roku)?*

**Tabulka 5.11** Četnost odpovědí na otázku č. 5B (o cca 6 měsíců později), (uč.)

	Absolutní četnost / Relativní četnost (%)					
	A (1)	B (2)	C (3)	D (4)	E (5)	F (6)
učitelé SŠ	9 (39,1 %)	10 (43,5 %)	4 (17,4 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)



**Graf 5.10:** Četnost odpovědí na otázku č. 5B (o cca 6 měsíců později), (uč.).

*Pro otázku č. 5B (o cca 6 měsíců později), (uč.) platí:*

- (učitelé SŠ): medián  $\tilde{x} = B$  (1-2 krát za pololetí), modus  $\hat{x} = B$ ,  $NNV = 0,75$ , vážený průměr = 1,78.

<sup>33</sup>Na tomto semináři vyplnilo dotazník 23 učitelů fyziky ze SŠ. Odpovědi 6 učitelů fyziky ze ZŠ nebyly pro malý statistický vzorek zahrnuty do šetření. Vzor dotazníku, který byl zadán dne 9. 6. 2011, je uveden v příloze č. 3.

U této otázky vidíme, že učitelé nejčastěji (rel. č. 43,5 %) označili odpověď B (1-2 krát za pololetí). Pomocí statistického testu nezávislosti chí-kvadrát pro kontingenční tabulku P4<sup>34</sup> (viz příloha č. 4), pro hladinu významnosti 0,01 ověříme, zda existují signifikantní rozdíly mezi odpověďmi učitelů fyziky z 9. 6. 2011 a z období asi před půl rokem (otázka č. 5 (uč.)), kdy k těmto experimentům nebyli k dispozici žádné pracovní materiály.

**H4<sub>0</sub>**: Četnost využívání vzdáleně ovládaných experimentů v reálné výuce fyziky na SŠ je stejná u učitelů, kteří měli k dispozici vytvořené pracovní listy jako u učitelů bez těchto podpůrných materiálů.

**H4<sub>A</sub>**: Četnost využívání vzdáleně ovládaných experimentů v reálné výuce fyziky na SŠ je větší u učitelů, kteří měli k dispozici vytvořené pracovní listy než u učitelů bez těchto podpůrných materiálů.

Vypočítaná hodnota testového kritéria  $\chi^2 = 21,540$  a kritická hodnota  $\chi_{0,01}^2(2) = 9,210$  (Chráška, 2008). Vypočítaná hodnota testového kritéria je větší než hodnota kritická, a proto lze odmítnout nulovou hypotézu a přijmout hypotézu alternativní. **Mezi odpověďmi jsou statisticky významné rozdíly. Četnost využívání vzdáleně ovládaných experimentů v reálné výuce fyziky na SŠ je větší u učitelů, kteří měli k dispozici vytvořené pracovní listy než u učitelů bez těchto podpůrných materiálů. Vytvořené materiály zvýšili četnost využívání vzdáleně ovládaných experimentů v reálné výuce fyziky na SŠ.** Ukázalo se tedy, že učitelé fyziky SŠ mají zájem využívat tyto experimenty ve výuce, ale musí se v první řadě dozvědět, že tyto experimenty existují, musí vědět, kde vzdáleně ovládané experimenty najdou a jakým způsobem s nimi mají pracovat.

---

<sup>34</sup>Pro tuto kontingenční tabulku jsme spojili odpovědi C, D, E a F do jedné možnosti.



## 5.4 Analýza dat získaných v druhé části dotazníkového šetření

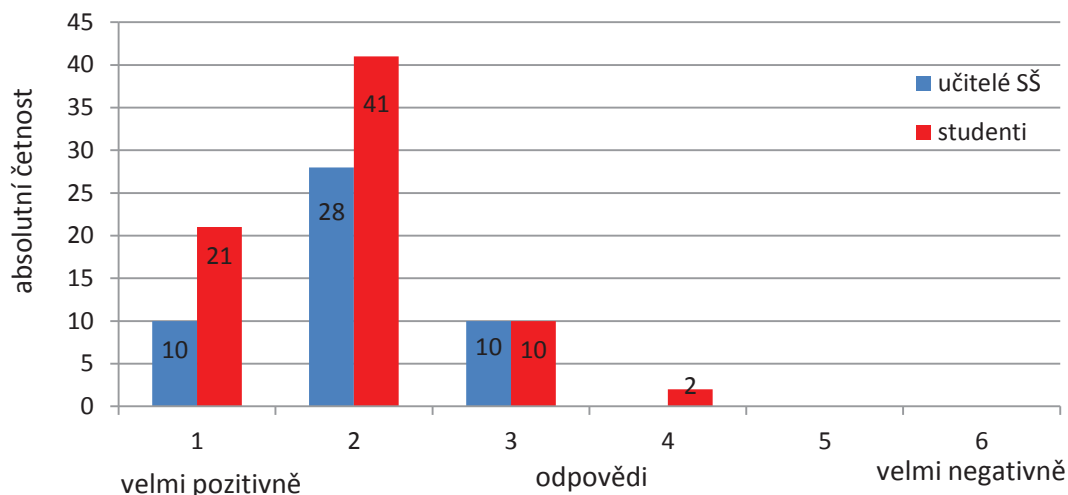
V druhé části dotazníkového šetření (otázky č. 6-10) jsme respondenty žádali o odpovědi týkající se konkrétního vzdáleně ovládaného experimentu. Před vyplněním těchto otázek museli dotazovaní navštívit naši webovou stránku <http://ictphysics.upol.cz/remotelab/> a provést vzdálené měření podle pracovního listu (viz příloha č. 5). U všech otázek v druhé části dotazníku byla použita šestibodová škála (1-6) Likertova typu. Respondenti si na této škále museli vybrat jednu možnost odpovědi, která nejlépe vystihovala stupeň jejich souhlasu či nesouhlasu na hodnotící škále pro danou otázku. Formulace dotazů pro učitele fyziky SŠ i studenty byly u všech otázek naprosto shodné. Při analýze získaných dat jsme v této podkapitole použili modus, medián, vážený průměr,<sup>35</sup> normovanou nominální variaci a statistický test nezávislosti chí-kvadrát ( $\chi^2$ ) pro kontingenční tabulku.

**Otázka č. 6** (uč.) a (st.): *K dispozici jste dostali jeden pracovní list se vzdáleně ovládaným experimentem. Jak celkově hodnotíte (na základě vlastní zkušenosti) tento typ experimentu? (1 – Velmi pozitivně, ..., 6 – Velmi negativně)*

**Tabulka 5.12** Četnost odpovědí na otázku č. 6 (uč.) a (st.)

	Absolutní četnost / Relativní četnost (%)					
	1	2	3	4	5	6
učitelé SŠ	10 (20,8 %)	28 (58,4 %)	10 (20,8 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)
studenti	21 (28,4 %)	41 (55,4 %)	10 (13,5 %)	2 (2,7 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)

<sup>35</sup>Jako násobící koeficienty pro výpočet váženého průměru jsou použity číslice 1-6, které respondenti označují na hodnotící škále u každé otázky.



**Graf 5.11** Četnost odpovědí na otázku č. 6 (uč.) a (st.).

Pro otázku č. 6 (uč.) a (st.) platí:

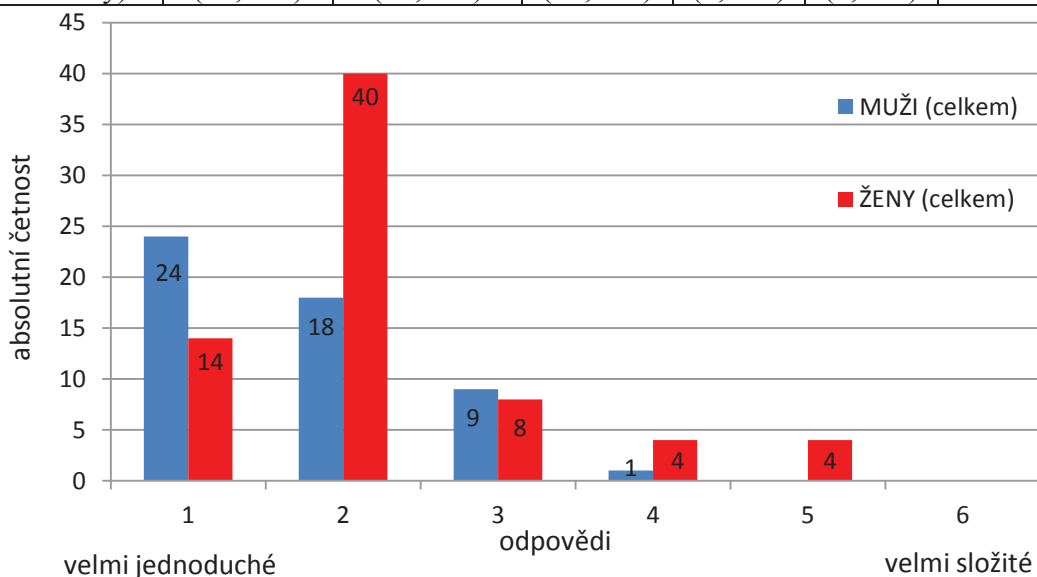
- (učitelé SŠ): medián  $\tilde{x} = 2$ , modus  $\hat{x} = 2$ ,  $NNV = 0,69$ , vážený průměr = 2,00;
- (studenti): medián  $\tilde{x} = 2$ , modus  $\hat{x} = 2$ ,  $NNV = 0,71$ , vážený průměr = 1,91.

Obě zkoumané skupiny, učitelé fyziky SŠ (rel. č. 58,4 %) i studenti (rel. č. 55,4 %), nejčastěji označili hodnotu 2 na hodnotící škále. Z grafu č. 5.11 vidíme, že kromě dvou studentů zvolili všichni respondenti odpovědi z levé (kladně hodnotící) části škály. Odpovědi jsou zcela jednoznačné (i bez nutnosti provádění testové hypotézy). **Po praktickém seznámení se s vzdáleně ovládanými experimenty, hodnotí učitelé fyziky SŠ i studenti vzdáleně ovládané experimenty pozitivně. Ukazuje se tedy, že negativní reakce některých pedagogů na využití vzdáleně ovládaných pokusů ve výuce fyziky souvisí s nedostatečným obeznámením se s tímto typem experimentů.**

**Otázka č. 7** (uč.) a (st.): *Přišlo Vám ovládnání tohoto vzdáleně ovládaného experimentu jednoduché? (1 – Velmi jednoduché, ..., 6 – Velmi složité)*

**Tabulka 5.13** Četnost odpovědí na otázku č. 7 (uč.) a (st.)

	Absolutní četnost / Relativní četnost (%)					
	1	2	3	4	5	6
muži (učitelé + studenti)	24 (7 + 17) (46,2 %)	18 (7 + 11) (34,6 %)	9 (4 + 5) (17,3 %)	1 (1 + 0) (1,9 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)
ženy (učitelky + studentky)	14 (4 + 10) (20,0 %)	40 (20 + 20) (57,2 %)	8 (4 + 4) (11,4 %)	4 (1 + 3) (5,7 %)	4 (0 + 4) (5,7 %)	0 (0,0 %)



**Graf 5.12** Četnost odpovědí na otázku č. 7 (uč.) a (st.).

Pro otázku č. 7 (uč.) a (st.) platí:

- (muži celkem): medián  $\tilde{x} = 2$ , modus  $\hat{x} = 1$ ,  $NNV = 0,76$ , vážený průměr = 1,75;
- (ženy celkem): medián  $\tilde{x} = 2$ , modus  $\hat{x} = 2$ ,  $NNV = 0,74$ , vážený průměr = 2,20.

U otázky č. 7, která zjišťovala obtížnost (náročnost) ovládnutí konkrétního vzdáleně ovládaného experimentu, je patrné, že učitelé (rel. č. 56,3 %) i studenti (rel. č. 41,9 %) nejčastěji volili možnost 2. Vypočítaný vážený průměr u této otázky je u učitelů fyziky SŠ roven hodnotě 2,02 a u studentů hodnotě 2,00. Neexistují tedy významné rozdíly v náročnosti ovládnutí experimentu mezi studenty a učiteli SŠ. Z tabulky 5.13 a grafu č. 5.12 pozorujeme, že většina respondentů (rel. č. 92,6 %) volila odpovědi z levé části škály (možnosti 1 až 3) a považují tedy ovládnutí vzdáleného experimentu za jednoduché. Tato informace je velmi důležitá, protože ovládnutí experimentů musí být zcela intuitivní, aby vzdálený experimentátor nemusel zdlouhavě zjišťovat a hledat, co

které tlačítko znamená a jakou má funkci. Náročné a nepřehledné ovládání experimentu, kterému by rozuměl pouze tvůrce pokusu, by znehodnotilo sebelepší vzdálené měření.

Dle vážených průměrů vyplývá, že mužům přišlo ovládání jednodušší než ženám. Pomocí statistického testu nezávislosti chí-kvadrát pro kontingenční tabulku P5<sup>36</sup> (viz příloha č. 4), pro hladinu významnosti 0,01 ověříme, zda existují signifikantní rozdíly mezi odpověďmi mužů a žen na tuto otázku.

**H<sub>50</sub>**: Obtížnost (složitost) ovládání vzdáleně ovládaného experimentu připadá mužům i ženám stejná.

**H<sub>5A</sub>**: Ženám přijde více obtížné (složitě) ovládání vzdáleně ovládaného experimentu než mužům.

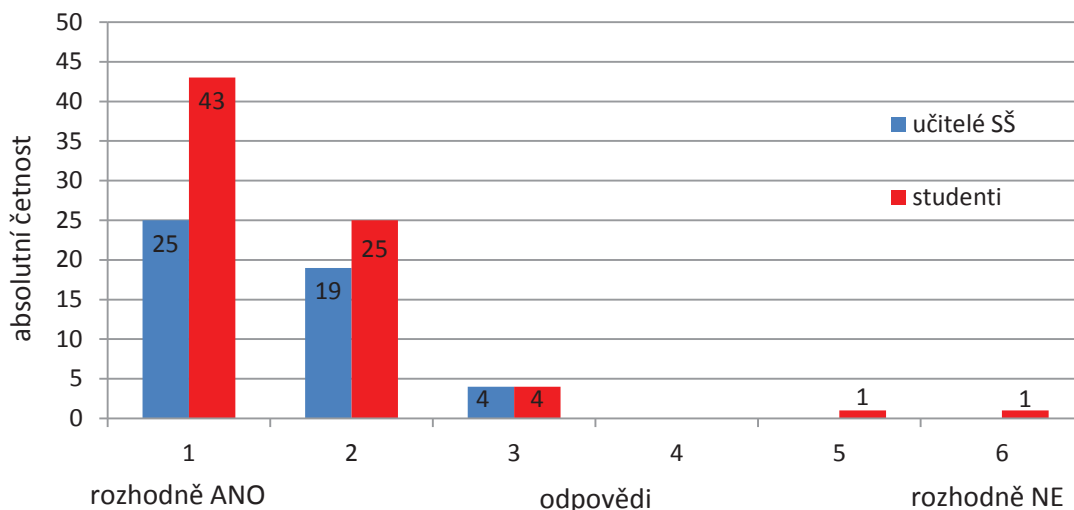
Vypočítaná hodnota testového kritéria  $\chi^2 = 14,443$  a kritická hodnota  $\chi^2_{0,01}(4) = 13,277$  (Chráska, 2008). Vypočítaná hodnota testového kritéria je větší než hodnota kritická, a proto lze odmítnout nulovou hypotézu a přijmout hypotézu alternativní. **Mezi odpověďmi mužů a žen jsou statisticky významné rozdíly. Pro ženy bylo ovládání vzdáleně ovládaného experimentu více obtížné než pro muže.**

**Otázka č. 8** (uč.) a (st.): *Obsahoval pracovní list dostatečné informace k úspěšnému provedení pokusu? (1 – Rozhodně ANO, ..., 6 – Rozhodně NE)*

**Tabulka 5.14** Četnost odpovědí na otázku č. 8 (uč.) a (st.)

	Absolutní četnost / Relativní četnost (%)					
	1	2	3	4	5	6
učitelé SŠ (muži + ženy)	25 (12 + 13) (52,1 %)	19 (6 + 13) (39,6 %)	4 (1 + 3) (8,3 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)
studenti (muži + ženy)	43 (18 + 25) (58,1 %)	25 (14 + 11) (33,7 %)	4 (1 + 3) (5,4 %)	0 (0,0 %)	1 (0 + 1) (1,4 %)	1 (0 + 1) (1,4 %)

<sup>36</sup>Pro tuto kontingenční tabulku jsme spojili odpovědi 5 a 6 do jedné možnosti.



**Graf 5.13** Četnost odpovědí na otázku č. 8 (uč.) a (st.).

*Pro otázku č. 8 (uč.) a (st.) platí:*

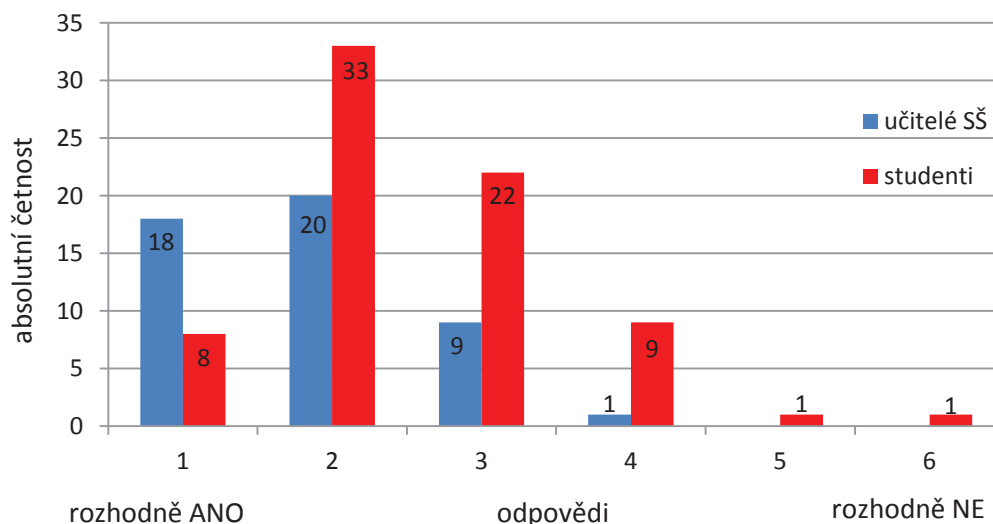
- (učitelé SŠ): medián  $\tilde{x} = 1$ , modus  $\hat{x} = 1$ ,  $NNV = 0,68$ , vážený průměr = 1,56;
- (studenti): medián  $\tilde{x} = 1$ , modus  $\hat{x} = 1$ ,  $NNV = 0,65$ , vážený průměr = 1,57.

Tato otázka zjišťovala, zda námi vytvořené pracovní listy obsahují dostatečné informace k úspěšnému provedení vzdáleně ovládaného pokusu. Nejčastější odpovědí u studentů (rel. č. 58,1 %) i u učitelů SŠ (rel. č. 52,1 %) byla možnost 1 (rozhodně ANO). Z tabulky 5.14 a grafu č. 5.13 vidíme, že pouze dva respondenti zvolili možnost z pravé části škály a všichni ostatní (rel. č. 98,4 %) volili jednu z možností 1 až 3. Hodnoty vážených průměrů ukazují, že odpovědi studentů a učitelů SŠ jsou u této otázky velmi blízké. Bez nutnosti ověřování statistické hypotézy **lze tedy konstatovat, že učitelé fyziky SŠ i studenti považují námi vytvořené pracovní listy za vhodně vytvořené a je možno podle těchto pracovních listů úspěšně provést vzdáleně ovládané měření.**

**Otázka č. 9** (uč.) a (st.): *Na webových stránkách <http://ictphysics.upol.cz/remotelab/> jsou informace o vzdáleně ovládaných experimentech. Jsou pro Vás informace o vzdáleně ovládaných experimentech na těchto stránkách užitečné a přínosné? (1 – Rozhodně ANO, ..., 6 – Rozhodně NE)*

**Tabulka 5.15** Četnost odpovědí na otázku č. 9 (uč.) a (st.)

	Absolutní četnost / Relativní četnost (%)					
	1	2	3	4	5	6
učitelé SŠ	18 (37,5 %)	20 (41,7 %)	9 (18,7 %)	1 (2,1 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)
studenti	8 (10,8 %)	33 (44,6 %)	22 (29,7 %)	9 (12,1 %)	1 (1,4 %)	1 (1,4 %)



**Graf 5.14** Četnost odpovědí na otázku č. 9 (uč.) a (st.).

Pro otázku č. 9 (uč.) a (st.) platí:

- (učitelé SŠ): medián  $\tilde{x} = 2$ , modus  $\hat{x} = 2$ ,  $NNV = 0,78$ , vážený průměr = 1,85;
- (studenti): medián  $\tilde{x} = 2$ , modus  $\hat{x} = 2$ ,  $NNV = 0,82$ , vážený průměr = 2,53.

Pro vzdáleně ovládaný experiment je velmi důležitá webová stránka, z které se experiment ovládá. Na námi vytvořené webové stránce jsou kromě vzdáleného experimentu, také návody, fyzikální principy experimentů, fotografie z laboratoře, kde je experiment umístěn a také odkazy na další české i zahraniční vzdálené fyzikální experimenty. Nejedná se tedy pouze o stránku s experimentem, ale o celý soubor materiálů pro zájemce o tuto problematiku.

Modus i medián je u této otázky pro učitele SŠ i studenty roven hodnotě 2. Dle vážených průměrů se ovšem ukazuje, že pro učitele SŠ (vážený průměr 1,85) je webová stránka <http://ictphysics.upol.cz/remotelab/> přínosnější a užitečnější než pro studenty (vážený průměr 2,53). Zda jsou rozdíly mezi postoji učitelů a studentů významné

ověříme statistickým testem nezávislosti chí-kvadrát pro kontingenční tabulku P6<sup>37</sup> (viz příloha č. 4), pro hladinu významnosti 0,01.

**H<sub>0</sub>**: Informace na webové stránce <http://ictphysics.upol.cz/remotelab/> jsou stejně užitečné a přínosné pro učitele SŠ i studenty.

**H<sub>A</sub>**: Informace na webové stránce <http://ictphysics.upol.cz/remotelab/> jsou více užitečné a přínosné pro učitele SŠ než pro studenty.

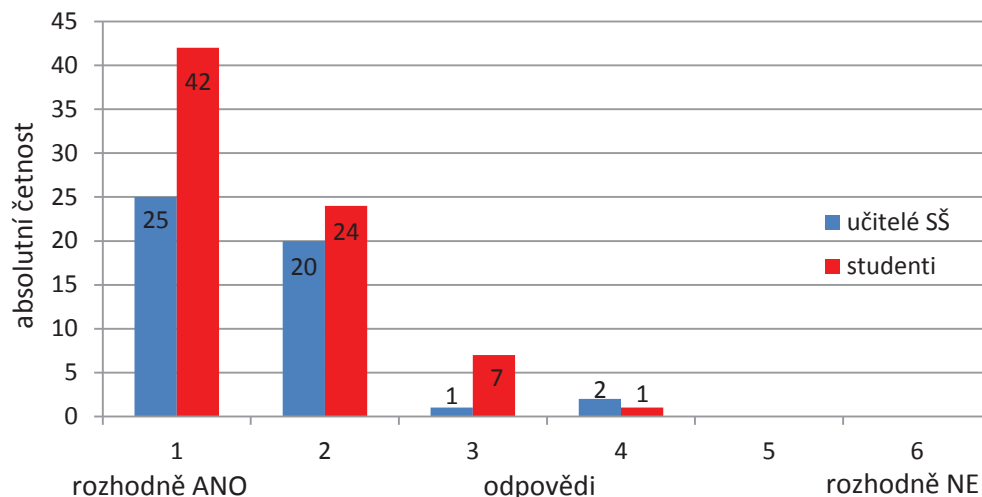
Vypočítaná hodnota testového kritéria  $\chi^2 = 16,132$  a kritická hodnota  $\chi_{0,01}^2(4) = 13,277$  (Chráska, 2008). Vypočítaná hodnota testového kritéria je větší než hodnota kritická, a proto lze odmítnout nulovou hypotézu a přijmout hypotézu alternativní. **Bylo ověřeno, že informace na stránce <http://ictphysics.upol.cz/remotelab/> jsou více užitečné a přínosné pro učitele SŠ než pro studenty.**

**Otázka č. 10** (uč.) a (st.): *Myslíte si, že bychom se měli věnovat rozvoji a tvorbě dalších vzdáleně ovládaných experimentů?* (1 – Rozhodně ANO, ..., 6 – Rozhodně NE)

**Tabulka 5.16** Četnost odpovědí na otázku č. 10 (uč.) a (st.)

	Absolutní četnost / Relativní četnost (%)					
	1	2	3	4	5	6
učitelé SŠ	25 (52,1 %)	20 (41,7 %)	1 (2,1 %)	2 (4,1 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)
studenti	42 (56,7 %)	24 (32,4 %)	7 (9,5 %)	1 (1,4 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)

<sup>37</sup>Pro tuto kontingenční tabulku jsme spojili odpovědi 5 a 6 do jedné možnosti.



Graf 5.15 Četnost odpovědí na otázku č. 10 (uč.) a (st.).

Pro otázku č. 10 (uč.) a (st.) platí:

- (učitelé SŠ): medián  $\tilde{x} = 1$ , modus  $\hat{x} = 1$ ,  $NNV = 0,66$ , vážený průměr = 1,56;
- (studenti): medián  $\tilde{x} = 1$ , modus  $\hat{x} = 1$ ,  $NNV = 0,68$ , vážený průměr = 1,55.

Tvorbě vzdáleně ovládaných experimentů bychom se chtěli věnovat i v budoucnu a proto pro nás bylo důležité vědět, zda učitelé SŠ a studenti mají vůbec zájem o tento typ experimentů a o vznik dalších vzdáleně ovládaných pokusů. **Z výsledků u této otázky se jednoznačně ukazuje, že učitelé i studenti mají zájem o nové (další) vzdáleně ovládané experimenty a kladně hodnotí tvorbu dalších vzdáleně ovládaných experimentů.** Tento poznatek vyplývá z tabulky 5.16 a grafu č. 5.15, kde i bez nutnosti statistické hypotézy vidíme, že nejvíce respondentů z řad učitelů SŠ (rel. č. 52,1 %) i studentů (rel. č. 56,7 %) volilo možnost 1 (rozhodně ANO) a pouze 3 respondenti zvolili zamítavou odpověď z pravé části nabízené škály (odpovědi 4 až 6). V době zadávání tohoto dotazníkového šetření existovaly na našich webových stránkách dva vzdáleně ovládané experimenty. Po těchto kladných výsledcích dotazníkového šetření a celkově pozitivních reakcí učitelů fyziky SŠ i studentů na tento typ experimentování, byly vytvořeny další vzdáleně ovládané experimenty. Na webovou stránku <http://ictphysics.upol.cz/remotelab/> byly doplněny další studijní materiály a odkazy na další zahraniční i české vzdáleně ovládané laboratoře.



## 5.5 Analýza dat získaných v poslední části dotazníkového šetření

V poslední části dotazníkového šetření (ot. 11 až 13, viz příloha č. 1 a č. 2) byly tři otevřené otázky (stejně pro učitele SŠ i studenty). Respondenti mohli napsat zcela libovolnou odpověď, nebo i několik odpovědí ke každé otázce, nebo mohli tyto tři dotazy nechat nevyplněné. Cílem této části dotazníkového šetření bylo zjistit, jak uživatelé, kteří si vyzkoušeli práci se vzdáleně ovládaným experimentem, hodnotí výhody a nevýhody tohoto měření a o jaké typy experimentů by měli zájem.

**Otázka č. 11** (uč.) a (st.): *Jaké typy vzdáleně ovládaných fyzikálních experimentů bychom měli vytvořit? (stručně vypište)*

**Tabulka 5.17** Odpovědi studentů na otázku č. 11

počet respondentů	nejčastější odpovědi studentů <sup>38</sup>
5	optika (čočky, zrcadla)
3	jaderná fyzika (jaderné štěpení)
3	nebezpečné experimenty (ukázky rizika)
3	solární energie (solární panely)
3	působení magnetického pole
3	mechanika (kinematika, dynamika)
≤ 2	meteorologické měření
≤ 2	měření intenzity zemětřesení

**Tabulka 5.18** Odpovědi učitelů SŠ na otázku č. 11

počet respondentů	nejčastější odpovědi učitelů SŠ
11	experimenty, které nelze z důvodu financí nebo bezpečnosti (např. pokusy se rtutí) realizovat ve škole
8	elektřina (princip transformátoru, vysoké napětí, výboje v plynech, teplotní součinitel odporu)
7	optika (vlnová optika)
6	jaderná fyzika
3	elektromagnetické vlnění
≤ 2	měření modulů pružnosti různých materiálů

<sup>38</sup>V tabulkách 5.17 až 5.22 nejsou uvedeny odpovědi typu „nic mě nenapadá“ nebo „zajímavé experimenty“ apod. Z odpovědí, které mají četnost menší než 3, jsou vybrány jen některé.

U této otázky pozorujeme, že učitelé fyziky SŠ by nejvíce uvítali vzdálené experimenty, které nelze z důvodu financí nebo bezpečnosti realizovat ve škole a poté experimenty z oblasti elektřiny, optiky a jaderné fyziky. Studenti psali do této otázky spíše jednotlivé fyzikální obory (optika, jaderná fyzika, mechanika apod.). Zajímavé je, že někteří studenti by uvítali experimenty, které jsou spíše typu „remote sensing“, tj. nejedná se o vzdálené ovládání (změnu parametrů) experimentu, ale sběr dat z nějakého vzdáleného místa (meteorologické měření, měření intenzity zemětřesení apod.).

**Otázka č. 12** (uč.) a (st.): *Co považujete za největší **výhody** vzdáleně ovládaných experimentů? (stručně vypište)*

**Tabulka 5.19** Odpovědi studentů na otázku č. 12

počet respondentů	nejčastější odpovědi studentů
26	dostupnost (provedení experimentu odkudkoliv a kdykoliv)
10	provedení experimentu, na který nemá škola potřebné vybavení
10	moderní přístup (zvýší zájem žáků o experimentování ve fyzice)
7	bezpečnost
6	úspora času v hodině
5	odpadá sestavování experimentu
5	každý žák si může experiment provést sám
5	lepší pochopení probírané látky
4	rychlé ukázání experimentu k probrané látce
3	snadné a jednoduché ovládání experimentu
≤ 2	v době nepřítomnosti ve výuce (např. nemoc) není žák ochuzen o praktický experiment probíraného učiva
≤ 2	vzdáleně ovládané experimenty nelze většinou rozbít

Za největší výhodu vzdáleně ovládaných experimentů považují studenti dostupnost experimentu z libovolného místa v libovolném čase. Dále studenti vítají, že lze ve škole ukázat i experimenty, na které nemá škola potřebné finance, a také, že se tímto způsobem zvýší zájem žáků o experimentování ve fyzice. Zajímavý poznatek vyslovilo 5 studentů, kteří oceňují, že si experiment může provést každý žák sám. Učitelé fyziky ze SŠ nejčastěji uvádí, jako přidanou hodnotu vzdálených experimentů, možnost předvést v hodině reálný experiment, na který nemá škola potřebné pomůcky. Učitelé

dále pozitivně oceňují úsporu času, absenci sestavování aparatury a možnost rychlého zpracování naměřených výsledků.

**Tabulka 5.20** Odpovědi učitelů SŠ na otázku č. 12

počet respondentů	nejčastější odpovědi učitelů SŠ
23	předvedení experimentu, i když nemám potřebné pomůcky
10	úspora času v hodině
10	odpadá sestavování aparatury
7	možnost rychlého zpracování naměřených výsledků (zpracování grafů)
5	zvýší zájem žáků o experimentování (vyšší atraktivita pro žáky)
4	bezpečnost
3	možnost zadání fyzikálního měření jako domácí úkol
≤ 2	propojení fyziky a výpočetní techniky (mezipředmětové vazby)
≤ 2	více realistické než java aplety

**Otázka č. 13** (uč.) a (st.): *Co považujete za největší **nevýhody** vzdáleně ovládaných experimentů? (stručně vypište)*

**Tabulka 5.21** Odpovědi studentů na otázku č. 13

počet respondentů	nejčastější odpovědi studentů
17	experiment si nelze „osahat“ (žáci nejsou v přímém kontaktu s experimentem)
7	náročné na technické vybavení ve třídě (počítač s rychlým internetem, diaprojektor)
3	absence okamžité rady od učitele
3	v případě poruchy experimentu je nemožné ho vzdáleně opravit
≤ 2	nelze (vzdáleně) modifikovat zapojení (parametry) experimentu
≤ 2	malá informovanost o těchto experimentech (je jich málo)

**Tabulka 5.22** Odpovědi učitelů SŠ na otázku č. 13

počet respondentů	nejčastější odpovědi učitelů SŠ
20	experiment si nelze „osahat“ (žáci nejsou v přímém kontaktu s experimentem)
9	experiment nemůže ovládat více uživatelů současně (experiment nelze ovládat, je-li užíván jiným uživatelem)
6	ve třídě není počítač s připojením na internet
3	nelze (vzdáleně) modifikovat zapojení (parametry) experimentu

U poslední otázky dotazníkového šetření učitelé fyziky ze SŠ i studenti nejčastěji uváděli, že největší nevýhodou vzdálených experimentů je nemožnost přímého kontaktu s experimentem (experiment si nelze „osahat“). Učitelé dále považují za hlavní nevýhodu, že experiment může ovládat vždy jen jeden uživatel a že ve třídě nemají počítač s internetem, což je nutné vybavení pro tento typ experimentování. Nedostatečné vybavení tříd multimediální technikou je nevýhodou těchto experimentů i podle studentů. Dále se studentům nelíbí absence okamžité rady od učitele nebo nemožnost opravit vzdálený experiment.

## 6 Závěr

Tato disertační práce pojednává o vzdáleně ovládaných experimentech. Tento typ experimentů se skládá z reálných fyzikálních přístrojů a pomůcek, které jsou ovšem přístupné všem uživatelům internetu po celém světě. Reálné experimenty v laboratoři umožňují testovat a ověřovat teoretické poznatky v reálných situacích, je však často finančně náročné zajistit a udržovat nákladné a moderní laboratorní vybavení. Výborné studijní či vědecké výsledky ve fyzice a technice lze očekávat pouze tam, kde mají studenti či vědci příslušné kvalitní laboratorní přístroje a odpovídající čas k měření. Jednou z možností, která tyto problémy řeší je vzdálený přístup k laboratorním experimentům. Vzdálený uživatel není při experimentování limitován časem, nemusí kupovat měřicí přístroje a fyzikální pomůcky a nemusí se obávat zranění při experimentování. Fyzikální měření lze provést přímo z domova a všechny změny na experimentu sledovat na on-line kameře.

Ačkoliv je vzdálené měření běžnou součástí vědeckých a průmyslových laboratoří, které využívají tento přístup především z ekonomických a bezpečnostních důvodů, na SŠ v ČR není vzdálené experimentování téměř vůbec využíváno. Z průzkumu, který byl v rámci této disertační práce proveden, vyplynulo, že přibližně 90 % učitelů fyziky SŠ NIKDY nevyužilo tento typ experimentu při své výuce. Z šetření se také ukázalo, že četnost provádění fyzikálních apletů v hodinách fyziky na SŠ je výrazně větší než četnost provádění vzdáleně ovládaných experimentů (byť virtuální aplety mají ke skutečným, reálným experimentům mnohem dále, než vzdálené experimenty).

Hledání důvodů proč se tento typ experimentů na SŠ neobjevuje, není příliš složité. Vzdálených experimentů vhodných pro výuku fyziky na SŠ (funkčních, volně přístupných s intuitivním ovládním) není z celosvětového hlediska mnoho. V zahraničí najdeme dvě laboratoře v Německu, jednu v USA a jednu v Austrálii. Jedna vzdáleně ovládaná laboratoř funguje také na Trnavské univerzitě na Slovensku. V ČR se delší dobu zabývá touto problematikou doc. František Lustig z MFF UK v Praze. Z důvodu nedostatečného počtu vzdálených experimentů pro výuku fyziky na SŠ, začala před třemi lety na Katedře experimentální fyziky PřF UP vznikat vzdálená fyzikální laboratoř. Na KEF PřF UP bylo v posledních třech letech vytvořeno pět vzdáleně ovládaných experimentů (*Voltampérové charakteristiky šesti různých zdrojů světla, Určení tíhového zrychlení z doby kmitu matematického kyvadla, Studium proudění vody v soustavě trubic, Meteorologická stanice na PřF UP v Olomouci, Monitorování radioaktivního pozadí v Olomouci*), které byly umístěny na webové stránce <http://ictphysics.upol.cz/remotelab/>. Tyto experimenty jsou zcela volně dostupné libovolným zájemcům a je možno je prostřednictvím internetu ovládat a řídit 24 hodin denně, každý den v roce.

V rámci disertační práce bylo také vytvořeno 12 pracovních listů k vzdáleně ovládaným experimentům, které lze použít pro fyzikální laboratorní měření na SŠ. K těmto materiálům bylo vytvořeno i 12 listů s řešením pro učitele fyziky SŠ. Dále jsme zhotovili manuály k 6 vzdáleným experimentům vhodným pro výuku fyziky na ZŠ a 11 videonávodů.

Z druhého dotazníkového šetření, které se konalo o půl roku po prvním průzkumu, jednoznačně vyplynulo, že četnost využívání vzdáleně ovládaných experimentů v reálné výuce fyziky na SŠ je větší u učitelů, kteří měli k dispozici vytvořené pracovní listy než u učitelů bez těchto podpůrných materiálů. Vytvořené materiály zvýšili četnost využívání vzdáleně ovládaných experimentů v reálné výuce fyziky na SŠ. Ukázalo se tedy, že učitelé fyziky SŠ mají zájem využívat tyto experimenty ve výuce, ale musí se v první řadě dozvědět, že tyto experimenty existují, musí vědět, kde vzdáleně ovládané experimenty najdou a jakým způsobem s nimi mají pracovat. Přibližně 60 % učitelů fyziky SŠ, kteří obdrželi námi vytvořené pracovní návody pro vzdálené měření,

v druhém dotazníku odpovědělo, že vzdáleně ovládaný experiment využili alespoň jednou v reálné výuce fyziky.

Učitelé fyziky SŠ a studenti, kteří se prostřednictvím dotazníku mohli seznámit se vzdáleně ovládanými experimenty, hodnotí tyto pokusy jednoznačně pozitivně a jejich vzdálené ovládání prostřednictvím webové stránky jim nepřijde náročné. Na otázku, zda máme pokračovat v tvorbě dalších, nových vzdáleně ovládaných experimentů učitelé fyziky SŠ i studenti odpovídali shodně ROZHODNĚ ANO.

# Seznam zkratek

ADDA	převod mezi analogovým a digitálním signálem
č.	číslo
ČR	Česká republika
ČŠI	Česká školní inspekce
EU	Evropská unie
ICT	informační a komunikační technologie
KEF	katedra experimentální fyziky
MFF UK	Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy
NI	National Instruments
NNV	normovaná nominální variace
ot.	otázka
p. p.	pedagogická praxe
PdF MU	Pedagogická fakulta Masarykovy Univerzity
PřF UP	Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého
rel. č.	relativní četnost
SOS	střední odborná škola
SŠ	střední škola
(st.)	studenti, kteří odpovídali v dotazníkovém šetření
tab.	tabulka
(uč.)	učitelé fyziky středních škol, kteří odpovídali v dotazníkovém šetření
VŠ	vysoká škola
ZŠ	základní škola



# Seznam zdrojů

- [1] *Audacity* [online]. [cit. 2011-05-28]. Dostupné z WWW: <<http://audacity.sourceforge.net/>>.
- [2] Auer, M. E. (2001) *Virtual Lab versus Remote Lab*. In: Proceedings of the 20<sup>th</sup> World Conference on Open Learning and Distance Education. Düsseldorf, Germany.
- [3] *AviStep* [online]. [cit. 2011-05-28]. Dostupné z WWW: <<http://mcpd.pagesperso-orange.fr/Avistep/Avistep.html>>.
- [4] Bajer, J. (2006) *Mechanika 3*. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc.
- [5] Balek, B. (2011) *Biologické experimenty se systémem ISES aneb fyzika na lidském těle*. In: Veletrh nápadů učitelů fyziky 15. Prometheus, Praha.
- [6] Brater, E. – King, H. – Lindell, J. – Wei, C. (1996) *Handbook of hydraulics*. McGraw-Hill, New York.
- [7] Brom, P. – Lustig, F. (2011) *Využití metody integrovaného e-learningu pro úvod do kvantové fyziky*. In: Sborník konference Alternativní metody výuky 2011. Praha.
- [8] *CMA* [online]. [cit. 2011-05-28]. Dostupné z WWW: <<http://www.cma-science.nl/>>.
- [9] Česká školní inspekce. *Výroční zpráva ČŠI za školní rok 2009/2010*. [online]. [cit. 2011-06-06]. Dostupné z WWW: <<http://www.csicr.cz/cz/85389-vyrocní-zprava-csi-za-skolni-rok-20092010>>.
- [10] Dormido, S. (2002) *Control Learning: Present and Future*. In: Proceedings of the 15<sup>th</sup> IFAC World Congress on Automatic Control. Barcelona, Spain.
- [11] Ďaďo, S. – Bejček, L. – Platil, A. (2005) *Měření průtoku a výšky hladiny*. BEN – technická literatura, Praha.
- [12] Esquembre, F. *Easy Java Simulations* [online]. [cit. 2011-05-28]. Dostupné z WWW: <<http://www.um.es/fem/Ejs/>>.
- [13] EUROSTAT. *Internet use by individuals* [online]. [cit. 2011-06-03]. Dostupné z WWW: <[http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search\\_database](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search_database)>.
- [14] Fendt, W. *Java-Applets zur Physik* [online]. [cit. 2011-05-28]. Dostupné z WWW: <<http://www.walter-fendt.de/>>.
- [15] Fjeldly, T. – Shur, M. (2003) *Lab on the Web: Running Real Electronics Experiments via the Internet*. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey. ISBN 0-471-41375-5.

- [16] Google Maps – Přirozená radioaktivita v Olomouci a v Praze. [online]. [cit. 2011-10-27]. Dostupné z WWW: <<http://kdt-1.karlov.mff.cuni.cz/>>.
- [17] Gröber, S. et al. (2008) Remotely controlled laboratories: Aims, examples, and experience. *American Journal of Physics*, 76 (4&5), pp. 374-378.
- [18] Hlavička, A. a kol. (1971) *Fyzika pro pedagogické fakulty – 1. díl*. SPN, Praha.
- [19] Chráska, M. (1998) *Základy výzkumu v pedagogice*. Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc. ISBN 80-7067-798-8.
- [20] Chráska, M. (2008) *Metody pedagogického výzkumu*. Grada Publishing, a.s., Praha. ISBN 978-80-247-1369-4.
- [21] IHNED.CZ [online]. 2011-11-15 [cit. 2011-11-18]. *V Kamenici děti přemlouvají učitele, ať hodina ještě nekončí. Učí se totiž na iPadu*. Dostupné z WWW: <<http://zpravy.ihned.cz/cesko/c1-53659690-kdyz-ipad-rehta-buci-a-kokrha>>.
- [22] Jodl, H. J. *Remotely Controlled Laboratories* [online]. [cit. 2011-05-28]. Dostupné z WWW: <<http://rcl.physik.uni-kl.de/>>.
- [23] Kašpar, E. a kol. (1978) *Didaktika fyziky*. SPN, Praha.
- [24] Katedra fyziky, Pedagogická fakulta, Trnavská univerzita [online]. [cit. 2011-08-3]. Dostupné z WWW: <<http://kf.truni.sk>>.
- [25] Keprt, J. *Webové prostředí NI LabVIEW Web User Interface Builder. On-line seminář* [online]. [cit. 2011-09-29]. Dostupné z WWW: <<http://zone.ni.com/wv/app/doc/p/id/wv-2745>>.
- [26] *LabVIEW Web UI Builder FAQ* [online]. [cit. 2011-12-18]. Dostupné z WWW: <<http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/11604>>.
- [27] Lešner, T. *PHYWE* [online]. [cit. 2011-05-28]. Dostupné z WWW: <<http://www.phywe.cz/>>.
- [28] *LogIT* [online]. [cit. 2011-05-28]. Dostupné z WWW: <<http://www.mujpokojicek.unas.cz/www.eduxe.cz/logitworld/>>.
- [29] *LogIT Datalogging* [online]. [cit. 2011-05-28]. Dostupné z WWW: <<http://www.logitworld.com/>>.
- [30] Lustig, F. *ISES* [online]. [cit. 2011-05-28]. Dostupné z WWW: <<http://ises.info/>>.
- [31] Lustig, F. – Bardiovský, V. (2011a) *Alternativní metody experimentální a laboratorní práce*. In: Sborník konference Alternativní metody výuky 2011. Praha.
- [32] Lustig, F. (2011b) *Bezdrátový měřicí systém – ISES Blue*. In: Veletrh nápadů učitelů fyziky 15. Prometheus, Praha.

- [33] Lustig, F. (2011c) *Transforming Experimental and Laboratory Work in Physics*. In: Information and Communication Technology in Education. University of Ostrava, 13 – 15<sup>th</sup> September, Rožnov pod Radhoštěm.
- [34] Mechlová, E. a kol. (1999) *Výkladový slovník fyziky pro základní vysokoškolský kurz*. Prometheus, Praha. ISBN 80-7196-151-5.
- [35] *Meteorologická stanice 22. ZŠ Plzeň* [online]. [cit. 2011-08-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.22zsplzen.cz/pocasi/>>.
- [36] *Meteorologická stanice České zemědělské univerzity v Praze* [online]. [cit. 2011-08-15]. Dostupné z WWW: <<http://meteostanice.agrobiologie.cz/>>.
- [37] *Meteorologická stanice ZŠ Šumperk* [online]. [cit. 2011-08-15]. Dostupné z WWW: <<http://hluchak.cz/?q=teplomer/>>.
- [38] Ministerstvo průmyslu a obchodu. *Nariadení Evropské komise č. 244/2009*. [online]. [cit. 2010-07-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.mpo.cz/dokument65285.html>>.
- [39] *Multimedia in Physics Teaching and Learning* [online]. [cit. 2011-05-28]. Dostupné z WWW: <<http://www.mptl.eu/evaluations.htm>>.
- [40] *National Instruments* [online]. [cit. 2011-05-28]. Dostupné z WWW: <<http://ni.com/>>.
- [41] *NetLab* [online]. [cit. 2011-08-15]. Dostupné z WWW: <<http://netlab.unisa.edu.au>>.
- [42] *NTNUJAVA Virtual Physics Laboratory* [online]. [cit. 2011-05-28]. Dostupné z WWW: <<http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/>>.
- [43] Ožvoldová, M. et al. (2010) *1<sup>st</sup> Slovak Internet Natural Sciences Remote e-Laboratory (INRe-L)*. In: Proceedings of the conference REV – Remote Engineering & Virtual Instrumentation. June 29 – July 2. Stockholm, Sweden.
- [44] *PASCO* [online]. [cit. 2011-05-28]. Dostupné z WWW: <<http://www.pasco.com/>>.
- [45] *PASCO* [online]. [cit. 2011-05-28]. Dostupné z WWW: <<http://www.pasco.cz/>>.
- [46] Pawera, L. – Válek, J. *ISES.tym.cz* [online]. [cit. 2011-08-15]. Dostupné z WWW: <<http://ises.tym.cz/>>.
- [47] *PhET* [online]. [cit. 2011-05-28]. Dostupné z WWW: <<http://phet.colorado.edu/>>.
- [48] *PHYWE* [online]. [cit. 2011-05-28]. Dostupné z WWW: <<http://www.phywe.com/>>.
- [49] Polytechnic University, New York. *Web-enabled mechatronics/process control remote laboratory* [online]. [cit. 2011-08-15]. Dostupné z WWW: <<http://mechatronics.poly.edu/MPCRL/>>.
- [50] *RC Didactic* [online]. [cit. 2011-05-28]. Dostupné z WWW: <<http://www.rcdidactic.cz>>.

- [51] *SensorDAQ with LabVIEW Downloads* [online]. [cit. 2011-09-29]. Dostupné z WWW: <<http://www.vernier.com/engineering/ni-labview/downloads/sdaq/>>.
- [52] Schauer, F. – Ožvoldová, M. – Lustig, F. (2009) Integrated e-Learning – New Strategy of Cognition of Real World in Teaching Physics. *Innovations 2009 – World Innovations in Engineering Education and Research*. iNEER Special Volume 2009. pp. 119-135.
- [53] Stefanovic, M. et al. (2009) A LabVIEW-Based Remote Laboratory Experiments for Control Engineering Education. *Computer Application in Engineering Education*. Published online in Wiley Inter Science.
- [54] Stratilová, E. – Šmejkal, P. (2009) *Školní chemické experimentování s pomocí měřicích přístrojů a počítače*. In: Sborník konference Alternativní metody výuky 2009. Praha.
- [55] Svoboda, E. – Höfer, G. (2009) *Postoje učitelů základních a středních škol k výuce fyziky*. M-F-I, roč. 19, č. 2 & 3, str. 84-97 & 157-162. Prometheus, Praha. ISSN 1210-1761.
- [56] Telford, W. M. – Geldart, L. P. – Sheriff, R. E. (2004) *Applied Geophysics – 2<sup>nd</sup>ed.* Cambridge University Press.
- [57] Thomsen, Ch. – Scheel, H. – Morgner, S. (2005) *Remote experiments in experimental Physics*. In: Proceedings of the ISPRS E-learning. Potsdam, Germany.
- [58] Thomsen, Ch. *Remote Farm* [online]. [cit. 2011-08-15]. Dostupné z WWW: <<http://remote.physik.tu-berlin.de/>>.
- [59] *Tracker* [online]. [cit. 2011-05-28]. Dostupné z WWW: <<http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/>>.
- [60] *UltraVNC* [online]. [cit. 2011-07-21]. Dostupné z WWW: <<http://www.uvnc.com/>>.
- [61] Válková, L. – Schauer, F. (2008) *Remote interactive real experiment in electrochemistry as exemplified on the experiment "Electrochemical cell"*. In: Proceedings of the 6<sup>th</sup> Int. Conference on Emerging e-learning Technologies and Applications. September 11-13. The High Tatras, Slovakia.
- [62] *Veletrh nápadů učitelů fyziky* [online]. [cit. 2011-05-28]. Dostupné z WWW: <<http://kdf.mff.cuni.cz/veletrh/>>.
- [63] *Vernier* [online]. [cit. 2011-05-28]. Dostupné z WWW: <<http://www.vernier.com/>>.
- [64] *Vernier* [online]. [cit. 2011-05-28]. Dostupné z WWW: <<http://www.vernier.cz/>>.
- [65] *VIANA* [online]. [cit. 2011-05-28]. Dostupné z WWW: <<http://didaktik.physik.uni-essen.de/viana/>>.

- [66] Vlach, J. – Havlíček, J. – Vlach, M. (2008) *Začínáme s LabVIEW*. BEN – technická literatura, Praha.
- [67] Vybíral, B. (2006) *Fundamentální experimenty ve fyzice*. M-F-I, roč. 15, č. 5, s. 274-287. Prometheus, Praha. ISSN 1210-1761.
- [68] Vybíral, B. (2011) *Experiment ve fyzice*. M-F-I, roč. 21, č. 2, s. 97-106. Prometheus, Praha. ISSN 1210-1761.
- [69] *Vzdálená internetová laboratoř Fyzikálního kabinetu GymKT* [online]. [cit. 2011-09-2]. Dostupné z WWW: <<http://remote-lab.fyzika.net/>>.
- [70] *Web UI Builder* [online]. [cit. 2011-12-18]. Dostupné z WWW: <<http://www.ni.com/uibuilder/>>.
- [71] Wieman, C. – Perkins, K. – Adams, W. (2008) Interactive simulations for teaching physics: What works, what doesn't, and why. *American Journal of Physics*, 76 (4&5), pp. 393-399.
- [72] *WINK* [online]. [cit. 2011-06-14]. Dostupné z WWW: <<http://www.debugmode.com/wink/>>.
- [73] Zeitnitz, Ch. *Soundcard Oscilloscope* [online]. [cit. 2011-05-28]. Dostupné z WWW: <[http://www.zeitnitz.de/Christian/scope\\_en](http://www.zeitnitz.de/Christian/scope_en)>.
- [74] Žovínová, M. – Ožvoldová, M. (2010) *E-laboratórium vzdálených experimentov vo výučbe s podporou stratégie integrovaného e-learningu*. In: Interdisciplinárny dialóg odborových didaktik. VERBUM, Ružomberok.

# Přílohy

- Příloha č. 1:** Vzor dotazníku pro učitele fyziky SŠ
- Příloha č. 2:** Vzor dotazníku pro studenty bakalářského studia na PřF UP
- Příloha č. 3:** Druhý dotazník pro učitele z 9. 6. 2011
- Příloha č. 4:** Kontingenční tabulky pro dotazníkové šetření
- Příloha č. 5:** Pracovní list – Voltampérové charakteristiky různých zdrojů světla
- Příloha č. 6:** Řešení pro učitele SŠ – Voltampérové charakteristiky různých zdrojů světla
- Příloha č. 7:** Pracovní list – Volný pád v trubici
- Příloha č. 8:** Řešení pro učitele SŠ – Volný pád v trubici
- Příloha č. 9:** Pracovní list – Větrný tunel
- Příloha č. 10:** Řešení pro učitele SŠ – Větrný tunel
- Příloha č. 11:** Pracovní list – Závislost tíhového zrychlení na zeměpisné šířce
- Příloha č. 12:** Řešení pro učitele SŠ – Závislost tíhového zrychlení na zeměpisné šířce
- Příloha č. 13:** Pracovní list – Ohyb elektromagnetického záření na štěrbině
- Příloha č. 14:** Řešení pro učitele SŠ – Ohyb elektromagnetického záření na štěrbině
- Příloha č. 15:** Pracovní list – Rychlost šíření světla
- Příloha č. 16:** Řešení pro učitele SŠ – Rychlost šíření světla
- Příloha č. 17:** Pracovní list – Fotoelektrický jev
- Příloha č. 18:** Řešení pro učitele SŠ – Fotoelektrický jev
- Příloha č. 19:** Pracovní list – Pozorování elektronové difrakce
- Příloha č. 20:** Řešení pro učitele SŠ – Pozorování elektronové difrakce
- Příloha č. 21:** Pracovní list – Matematické kyvadlo v Trnavě
- Příloha č. 22:** Řešení pro učitele SŠ – Matematické kyvadlo v Trnavě
- Příloha č. 23:** Pracovní list – Sériový obvod RLC

- Příloha č. 24:** Řešení pro učitele SŠ – Sériový obvod RLC
- Příloha č. 25:** Pracovní list – Určení tíhového zrychlení z doby kmitu matematického kyvadla
- Příloha č. 26:** Řešení pro učitele SŠ – Určení tíhového zrychlení z doby kmitu matematického kyvadla
- Příloha č. 27:** Pracovní list – Studium proudění vody v soustavě trubic
- Příloha č. 28:** Řešení pro učitele SŠ – Studium proudění vody v soustavě trubic
- Příloha č. 29:** Pracovní list – Meteorologická stanice v Brně
- Příloha č. 30:** Pracovní list – Meteorologická stanice v Praze
- Příloha č. 31:** Pracovní list – Regulace vodní hladiny
- Příloha č. 32:** Pracovní list – Robot v bludišti
- Příloha č. 33:** Pracovní list – Meteorologická stanice v Olomouci
- Příloha č. 34:** Pracovní list – Monitorování radioaktivního pozadí v Olomouci
- Příloha č. 35:** Projekt EURESLAB

## Příloha č. 1

Dobrý den,

jsem student doktorského programu Didaktika fyziky na PřF UP v Olomouci a chtěl bych Vás požádat o vyplnění krátkého a zcela anonymního dotazníku.

Než začnete dotazník vyplňovat je nezbytně nutné, abyste byli dobře seznámeni s pracovním listem, který jste obdrželi. Na tomto pracovním listu je **vzdáleně ovládaný experiment**: Voltampérové charakteristiky různých zdrojů světla. Až po prostudování tohoto pracovního listu (nemusíte vytvářet protokol o měření, ale je nutné provést všechny kroky uvedené v pracovním listu) můžete přejít k vyplnění dotazníku!

Vyplnění dotazníku Vám zabere maximálně 10 minut Vašeho času. Velmi Vám děkuji za ochotu.

František Látal (frantisek.latal@centrum.cz)

---

### DOTAZNÍK PRO UČITELE FYZIKY

- A.
- a. žena
  - b. muž
- B. Na jakém typu školy učíte?
- a. ZŠ
  - b. Učiliště
  - c. SOŠ
  - d. Gymnázium
- C. Jaká je Vaše pedagogická praxe?
- a.  $\leq 5$  let
  - b. 6 – 10 let
  - c. 11 – 20 let
  - d.  $\geq 21$  let
- 
1. Jak často provádíte pokusy v hodinách fyziky (**pokusy učitele**)?
- a. nikdy
  - b. 1-2 krát za pololetí
  - c. 1 krát za měsíc
  - d. 2-5 krát za měsíc
  - e. 6 a více krát za měsíc
  - f. každou hodinu
2. Jak často provádí žáci pokusy v hodinách fyziky (**pokusy žáků**)?
- a. nikdy
  - b. 1-2 krát za pololetí
  - c. 1 krát za měsíc
  - d. 2-5 krát za měsíc
  - e. 6 a více krát za měsíc
  - f. každou hodinu
3. Jak často využíváte **internet** v hodinách fyziky?
- a. nikdy
  - b. 1-2 krát za pololetí
  - c. 1 krát za měsíc
  - d. 2-5 krát za měsíc
  - e. 6 a více krát za měsíc
  - f. každou hodinu
4. Jak často využíváte **fyzikální aplety** (JAVA aplety, flash animace) v hodinách fyziky?
- a. nikdy
  - b. 1-2 krát za pololetí
  - c. 1 krát za měsíc
  - d. 2-5 krát za měsíc
  - e. 6 a více krát za měsíc
  - f. každou hodinu
5. Jak často využíváte **Vzdáleně (přes internet) ovládané experimenty** v hodinách fyziky?
- a. nikdy
  - b. 1-2 krát za pololetí
  - c. 1 krát za měsíc
  - d. 2-5 krát za měsíc
  - e. 6 a více krát za měsíc
  - f. každou hodinu



**K dispozici jste dostali jeden pracovní list se vzdáleně ovládaným experimentem.**

6. Jak celkově hodnotíte (na základě vlastní zkušenosti) tento typ experimentu?  
(Zakroužkujte jedno číslo na škále 1 – Velmi pozitivně, ... 6 – Velmi negativně)

Velmi pozitivně  
1                      2                      3                      4                      5                      6  
Velmi negativně

7. Přišlo Vám ovládání tohoto vzdáleně ovládaného experimentu jednoduché?  
(Zakroužkujte jedno číslo na škále 1 – Velmi jednoduché, ... 6 – Velmi složité)

Velmi jednoduché  
1                      2                      3                      4                      5                      6  
Velmi složité

8. Obsahoval pracovní list dostatečné informace k úspěšnému provedení pokusu?  
(Zakroužkujte jedno číslo na škále 1 – Rozhodně ANO, ... 6 – Rozhodně NE)

Rozhodně ANO  
1                      2                      3                      4                      5                      6  
Rozhodně NE

9. Na webové stránce <http://ictphysics.upol.cz/remotelab/> jsou informace o vzdáleně ovládaných experimentech. Jsou pro Vás informace o vzdáleně ovládaných experimentech na těchto stránkách užitečné a přínosné?  
(Zakroužkujte jedno číslo na škále 1 – Rozhodně ANO, ... 6 – Rozhodně NE)

Rozhodně ANO  
1                      2                      3                      4                      5                      6  
Rozhodně NE

10. Myslíte si, že bychom se měli věnovat rozvoji a tvorbě dalších vzdáleně ovládaných experimentů?  
(Zakroužkujte jedno číslo na škále 1 – Rozhodně ANO, ... 6 – Rozhodně NE)

Rozhodně ANO  
1                      2                      3                      4                      5                      6  
Rozhodně NE

11. Jaké typy vzdáleně ovládaných fyzikálních experimentů bychom měli vytvořit? (stručně vypište)

- .....
- .....

12. Co považujete za největší **výhody** vzdáleně ovládaných experimentů? (stručně vypište)

- .....
- .....

13. Co považujete za největší **nevýhody** vzdáleně ovládaných experimentů? (stručně vypište)

- .....
- .....

## Příloha č. 2

Dobrý den,

jsm student doktorského programu Didaktika fyziky na PřF UP v Olomouci a chtěl bych Vás požádat o vyplnění krátkého a zcela anonymního dotazníku.

Než začnete dotazník vyplňovat je nezbytně nutné, abyste byli dobře seznámeni s pracovním listem, který jste obdrželi. Na tomto pracovním listu je **vzdáleně ovládaný experiment**: Voltampérové charakteristiky různých zdrojů světla. Až po prostudování tohoto pracovního listu (nemusíte vytvářet protokol o měření, ale je nutné provést všechny kroky uvedené v pracovním listu) můžete přejít k vyplnění dotazníku!

Vyplnění dotazníku Vám zabere maximálně 10 minut Vašeho času. Velmi Vám děkuji za ochotu.

František Látal (frantisek.latal@centrum.cz)

---

### Dotazník pro studenty 1. a 2. ročníku bakalářského studia na PřF UP

A.

- a. žena
- b. muž

B. Na jaké střední škole jste studoval(a) před nástupem na VŠ?

- a. Učiliště
- b. SOŠ
- c. Gymnázium

---

Pozn.: Veškeré otázky se týkají Vašeho předcházejícího studia na střední škole.

1. Jak často prováděl Váš učitel na SŠ pokusy v hodinách fyziky (**pokusy učitele**)?

- a. nikdy
- b. 1-2krát za pololetí
- c. 1 krát za měsíc
- d. 2-5 krát za měsíc
- e. 6 a více krát za měsíc
- f. každou hodinu

2. Jak často jste prováděli na SŠ pokusy v hodinách fyziky (**pokusy žáků**)?

- a. nikdy
- b. 1-2 krát za pololetí
- c. 1 krát za měsíc
- d. 2-5 krát za měsíc
- e. 6 a více krát za měsíc
- f. každou hodinu

3. Jak často využíval Váš učitel na SŠ **internet** v hodinách fyziky?

- a. nikdy
- b. 1-2 krát za pololetí
- c. 1 krát za měsíc
- d. 2-5 krát za měsíc
- e. 6 a více krát za měsíc
- f. každou hodinu

4. Jak často využíval Váš učitel na SŠ **fyzikální aplety** (JAVA aplety, flash animace) v hodinách fyziky?

- a. nikdy
- b. 1-2 krát za pololetí
- c. 1 krát za měsíc
- d. 2-5 krát za měsíc
- e. 6 a více krát za měsíc
- f. každou hodinu

5. Jak často využíval Váš učitel na SŠ **Vzdáleně (přes internet) ovládané experimenty** v hodinách fyziky?

- a. nikdy
- b. 1-2 krát za pololetí
- c. 1 krát za měsíc
- d. 2-5 krát za měsíc
- e. 6 a více krát za měsíc
- f. každou hodinu

**K dispozici jste dostali jeden pracovní list se vzdáleně ovládaným experimentem.**

6. Jak celkově hodnotíte (na základě vlastní zkušenosti) tento typ experimentu?  
(Zakroužkujte jedno číslo na škále 1 – Velmi pozitivně, ... 6 – Velmi negativně)

Velmi pozitivně  
1                      2                      3                      4                      5                      6  
Velmi negativně

7. Přišlo Vám ovládání tohoto vzdáleně ovládaného experimentu jednoduché?  
(Zakroužkujte jedno číslo na škále 1 – Velmi jednoduché, ... 6 – Velmi složité)

Velmi jednoduché  
1                      2                      3                      4                      5                      6  
Velmi složité

8. Obsahoval pracovní list dostatečné informace k úspěšnému provedení pokusu?  
(Zakroužkujte jedno číslo na škále 1 – Rozhodně ANO, ... 6 – Rozhodně NE)

Rozhodně ANO  
1                      2                      3                      4                      5                      6  
Rozhodně NE

9. Na webové stránce <http://ictphysics.upol.cz/remotelab/> jsou informace o vzdáleně ovládaných experimentech. Jsou pro Vás informace o vzdáleně ovládaných experimentech na těchto stránkách užitečné a přínosné?  
(Zakroužkujte jedno číslo na škále 1 – Rozhodně ANO, ... 6 – Rozhodně NE)

Rozhodně ANO  
1                      2                      3                      4                      5                      6  
Rozhodně NE

10. Myslíte si, že bychom se měli věnovat rozvoji a tvorbě dalších vzdáleně ovládaných experimentů?  
(Zakroužkujte jedno číslo na škále 1 – Rozhodně ANO, ... 6 – Rozhodně NE)

Rozhodně ANO  
1                      2                      3                      4                      5                      6  
Rozhodně NE

11. Jaké typy vzdáleně ovládaných fyzikálních experimentů bychom měli vytvořit? (stručně vypište)

- .....
- .....

12. Co považujete za největší **výhody** vzdáleně ovládaných experimentů? (stručně vypište)

- .....
- .....

13. Co považujete za největší **nevýhody** vzdáleně ovládaných experimentů? (stručně vypište)

- .....
- .....

### Příloha č. 3

Dne 14. 12. 2010 proběhl seminář k **Vzdáleně (přes internet) ovládaným experimentům**.

**Otázka:** Kolikrát jste využili **Vzdáleně (přes internet) ovládané experimenty** v hodinách fyziky (**během posledního půl roku**)? (*označte jednu z možností*)

*A – nikdy,*

*B – 1-2 krát za pololetí,*

*C – 1 krát za měsíc,*

*D – 2-5 krát za měsíc,*

*E – 6 a vícekrát za měsíc,*

*F – každou hodinu.*

- 
1.
    - a. žena
    - b. muž
  2. Na jakém typu školy učíte?
    - a. ZŠ
    - b. Učiliště
    - c. SOŠ
    - d. Gymnázium
  3. Jaká je Vaše pedagogická praxe?
    - a.  $\leq 5$  let
    - b. 6 – 10 let
    - c. 11 – 20 let
    - d.  $\geq 21$  let
- 

Děkuji za odpovědi.

Mgr. František Látal

## Příloha č. 4

**Tabulka P1** Kontingenční tabulka pro ověření hypotézy H1

	A	B	C	D	E + F	$\Sigma$
< 10 let	1 (1,9)	9 (6,2)	9 (7,9)	6 (6,5)	1 (3,5)	26
$\geq$ 10 let	6 (5,1)	14 (16,8)	20 (21,1)	18 (17,5)	12 (9,5)	70
$\Sigma$	7	23	29	24	13	96

**Tabulka P2** Kontingenční tabulka pro ověření hypotézy H2

	A	B	C	D	E + F	$\Sigma$
učitelé SŠ	7 (13,0)	23 (27,9)	29 (21,2)	24 (24,8)	13 (9,0)	96
studenti	26 (20,0)	48 (43,1)	25 (32,8)	39 (38,2)	10 (14,0)	148
$\Sigma$	33	71	54	63	23	244

**Tabulka P3** Kontingenční tabulka pro ověření hypotézy H3

	A	B	C	D + E + F	$\Sigma$
fyzikální aplety	7 (25,0)	18 (11,5)	9 (4,5)	14 (7,0)	48
vzdálené experimenty	43 (25,0)	5 (11,5)	0 (4,5)	0 (4,5)	48
$\Sigma$	50	23	9	14	96

**Tabulka P4** Kontingenční tabulka pro ověření hypotézy H4

	A	B	C + D + E + F	$\Sigma$
učitelé SŠ bez materiálů	43 (35,2)	5 (10,1)	0 (2,7)	48
učitelé SŠ s materiály	9 (16,8)	10 (4,9)	4 (1,3)	23
$\Sigma$	52	15	4	71

**Tabulka P5** Kontingenční tabulka pro ověření hypotézy H5

	1	2	3	4	5 + 6	$\Sigma$
muži (celkem)	24 (16,2)	18 (24,7)	9 (7,2)	1 (2,1)	0 (1,7)	52
ženy (celkem)	14 (21,8)	40 (33,3)	8 (9,8)	4 (2,9)	4 (2,3)	70
$\Sigma$	38	58	17	5	4	122

**Tabulka P6** Kontingenční tabulka pro ověření hypotézy H6

	1	2	3	4	5 + 6	$\Sigma$
učitelé SŠ	18 (10,2)	20 (20,9)	9 (12,2)	1 (3,9)	0 (0,8)	48
studenti	8 (15,8)	33 (32,1)	22 (18,8)	9 (6,1)	2 (1,2)	74
$\Sigma$	26	53	31	10	2	122

## Příloha č. 5

### Pracovní list – vzdáleně ovládaný experiment

<b>Střídavý proud (SŠ)</b>	<b>Voltampérové charakteristiky různých zdrojů světla</b>
----------------------------	---

#### Fyzikální princip

Střídavý proud vzniká v obvodu, který připojíme ke zdroji střídavého napětí. V energetice se využívají zdroje střídavého napětí, které jsou založené na otáčení cívek v magnetickém poli. V ČR se v energetice využívá střídavé napětí nízké frekvence 50 Hz. V některých zemích např. v USA je stanovena frekvence střídavého napětí na 60 Hz.

Ve střídavém obvodu s RLC prvky vzniká fázový posun napětí a proudu a to ovlivňuje výkon střídavého proudu. S rostoucím fázovým rozdílem  $\varphi$  mezi napětím a proudem v obvodu, klesá užitečný neboli činný výkon  $P$  střídavého obvodu. Tento výkon odpovídá energii dodávané zdrojem do spotřebiče, kde se nenávratně mění v užitečnou práci nebo teplo. Pro činný výkon  $P$  platí vztah:

$$P = U I \cos \varphi, \quad (1)$$

kde  $U$  a  $I$  jsou efektivní hodnoty střídavého napětí a proudu a  $\cos \varphi$  je účinník, který nabývá hodnot od 0 do 1. Účinník  $\cos \varphi$  určuje účinnost přenosu energie ze zdroje střídavého proudu do spotřebiče. Jednotkou činného výkonu  $P$  je watt (W). Přístroje na měření střídavých veličin např. ampérmetry a voltmetry jsou cejchovány v efektivních hodnotách.

Jalový výkon  $Q$ , který nekoná užitečnou práci, je mírou elektromagnetické energie, která se vratně vyměňuje mezi spotřebičem a zdrojem elektrického napětí. Jeho jednotkou je var a lze vypočítat ze vzorce:

$$Q = U I \sin \varphi. \quad (2)$$

U elektrických strojů se uvádí také jejich zdánlivý výkon  $S$ , který nemá přímý fyzikální význam. Zdánlivý výkon  $S$  lze chápat jako největší možný výkon, kterého lze dosáhnout při nulovém fázovém posunu. Jednotkou zdánlivého výkonu  $S$  je voltampér (VA) a lze vypočítat dle vzorce:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}. \quad (3)$$

Ke každému světelnému zdroji lze zakreslit graf závislosti  $I$  na  $U$ . Tento graf nazýváme voltampérová charakteristika dané součástky. Je-li tímto grafem přímka, pak platí, že se součástka řídí Ohmovým zákonem:

$$I = \frac{U}{R}, \quad (4)$$

kde  $R$  je odpor dané součástky ( $R$  je konstantní) a tuto součástku nazýváme *lineární*. Pokud grafem závislost  $I$  na  $U$  je křivka (např. část paraboly), pak řekneme, že se daná součástka neřídí Ohmovým zákonem a nazýváme ji *nelineární*.

Množství světla, které vydává např. žárovka nebo zářivka se udává v jednotkách světelného toku lumen (značka lm). Pokud známe světelný tok  $\phi$  a příkon  $P_f$ , pak lze dle vzorce (5) stanovit měrný světelný výkon světelného zdroje  $P_M$ , který se udává v jednotkách  $\frac{\text{lm}}{\text{W}}$ :

$$P_M = \frac{\phi}{P_f}. \quad (5)$$

Při nákupu světelného zdroje je snahou spotřebitelů, pořídit si požadované množství světla za co nejméně peněz (tedy spotřebované elektřiny). Z tohoto důvodu je výhodné pořídit si světelný zdroj, který bude dávat nejvíce lumenů na 1 watt elektrického příkonu (neboli světelný zdroj s největším měrným světelným výkonem).

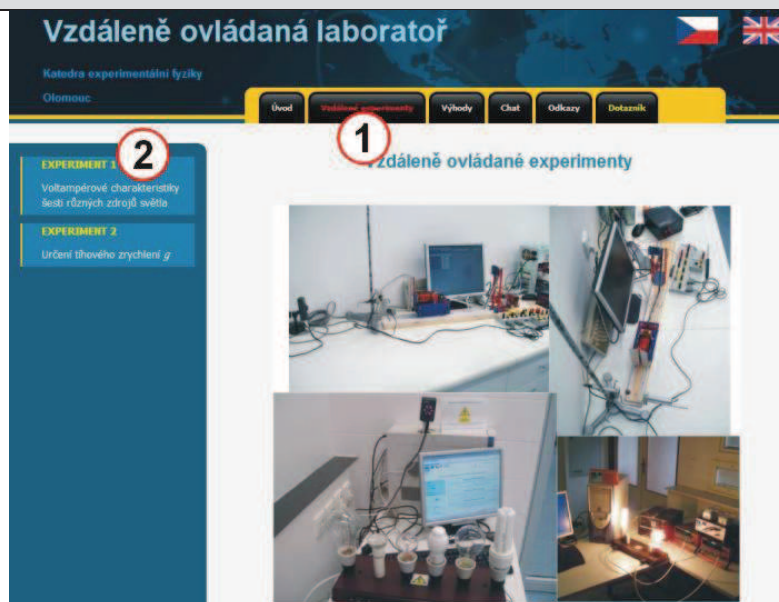
### Cíl

1. Seznámit se s vzdáleně ovládaným experimentem *Voltampérové charakteristiky různých zdrojů světla*.
2. Vypočítat činný, zdánlivý a jalový výkon všech světelných zdrojů.
3. Vypočítat měrný světelný výkon každé žárovky, resp. zářivky.
4. Vytvořit graf voltampérové charakteristiky pro všech šest zdrojů světla.
5. Rozhodnout, zda se jedná o lineární či nelineární součástku.
6. Vypracovat protokol o měření.

### Pomůcky

Počítač s připojením na internet.

### Schéma



Obr. 1: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.

Na webové stránce <http://www.ictphysics.upol.cz/remotelab/> (viz obr. 1) se můžete v horním panelu seznámit s výhodami vzdáleně ovládaných experimentů, také jsou v této liště odkazy na mnoho dalších vzdáleně ovládaných experimentů. Pokud chcete přejít ke vzdálenému měření, klikněte na tlačítko s červeným nápisem "*Vzdálené experimenty*" (číslo 1) a poté si vyberte první experiment "*Voltampérové charakteristiky šesti různých zdrojů světla*" (číslo 2). Na další webové stránce (viz obr. 2) si můžete přečíst fyzikální princip daného měření a návod, jak experiment ovládat. Také si zde můžete stáhnout protokol, který lze použít pro měření ve školním praktiku. Důležitou položkou na této stránce je odkaz na sestavu experimentu, kde jsou uvedeny základní charakteristiky jednotlivých měřených zdrojů světla. Pokud chcete přejít přímo k měření, je třeba kliknout na záložku se žlutým názvem "*Spustit experiment*" (číslo 3). Otevře se vám nová webová stránka. V levé části této stránky (číslo 4) jsou dvě on-line videa ze dvou webových kamer. Jedna kamera zobrazuje aktuální změny v laboratoři, na druhé se ukazují hodnoty účinníku  $\cos \varphi$  z digitálního wattmetru. V pravé části webové stránky je ovládací panel. V horní části tohoto panelu si můžete zvolit číslo žárovky (1-6), kterou budete proměřovat (číslo 5) a také jazykovou

verzi ovládacího panelu (česky x anglicky). Dále můžete nastavovat střídavé napětí v rozsahu 1V – 250V (číslo 6). Hodnoty střídavého napětí a střídavého proudu lze ukládat do tabulky a současně se také zobrazují v grafické podobě (číslo 7). Hodnoty proudu a napětí lze stáhnout např. do Excelu. K ovládní experimentu je stanovena maximální doba 3 minuty (číslo 8), ale pokud aktivně experimentujete, tak se čas v průběhu experimentování vždy znovu nastaví na maximální hodnotu.



Obr. 2: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.

### Postup měření

1. Zapněte počítač a připojte se na internet. Experiment je umístěn na webové stránce <http://www.ictphysics.upol.cz/remotelab/> (viz obr. 1-2).
2. Pokud by se na této stránce vyskytly chyby, vyzkoušejte experiment v jiném webovém prohlížeči a zkontrolujte, zda máte nainstalovanou nejnovější verzi programu JAVA, která je zdarma dostupná např. z adresy <http://java.com/>. Experiment může v jeden okamžik ovládat vždy pouze jeden uživatel. Může se tedy stát, že experiment bude obsazen. Počkejte několik minut a zkuste se připojit k experimentu později.
3. Pokud je vše v pořádku lze přejít k měření. Nejprve se seznámte s ovládním experimentu a proveďte jedno zkušební měření, kde se seznámíte s funkcemi jednotlivých tlačítek (Nastavit, Přidat, Smazat apod.). Ovládací panel si přepněte do české verze pomocí tlačítka "CZ".
4. Na webové stránce, ze které se experiment ovládá, klikněte na číslo žárovky (v horní části ovládacího panelu), kterou chcete proměřovat (1-6). (Ovládací panel si totiž "pamatuje" poslední žárovku, kterou měřil uživatel před vámi.)
5. V panelu v pravé části webové stránky zadávejte napětí v rozmezí 1V – 250V. Hodnoty zadávejte po 20V. Po zapsání hodnoty napětí do ovládacího panelu klikněte na tlačítko Nastavit. Poté několik vteřin počkejte a do tab. 1 zapište hodnotu střídavého napětí a proudu. Současně si do tabulky zapisujte hodnoty účinníku  $\cos \varphi$ , které se zobrazují na druhé webové kameře.

Tab. 1

Žárovka č.	Měřené napětí [V]	Měřený proud [A]	Účinník $\cos \varphi$



- Z naměřených hodnot (viz tab. 1) vytvořte graf závislosti  $I$  na  $U$ . Rozhodněte, zda je tato závislost lineární nebo nelineární.
- Vyberte si jeden řádek z naměřených hodnot (viz tab. 1) a určete fázový posun  $\varphi$  [°] ve střídavém obvodu. Dále pro tuto vybranou hodnotu  $I$  a  $U$  vypočítejte činný, jalový a zdánlivý výkon měřeného světelného zdroje a výsledky zapište do tab. 2.

**Tab. 2**

Měřené napětí [V]		<b>Žárovka č.:</b>
Měřený proud [A]		$P =$ W
Účinnost $\cos \varphi$		$Q =$ var
Fázový posun $\varphi$ [°]		$S =$ VA

- Z hodnot v tab. 2 vytvořte vektorový diagram z činného, zdánlivého a jalového výkonu.
- Na webové stránce v části "*Sestava experimentu*" si vyhledejte veškeré informace o světelném zdroji, který jste právě proměřovali a zapište tyto údaje do tab. 3. Z údajů v tab. 3 vypočítejte měrný světelný výkon světelného zdroje  $P_M$ .

**Tab. 3**

Číslo	Typ	Příkon $P_f$ [W]	Energetická třída	Životnost [hod]	Světelný tok $\phi$ [lm]

- Nyní si v ovládacím panelu vyberte jiný typ světelného zdroje (1-6) a zcela analogicky opakujte body 5-9 z tohoto postupu. Celkem proměřte všech 6 světelných zdrojů. Pokud se chcete ze stránky odhlásit, stačí ji zavřít. (Nejpozději do 3 minut po vašem opuštění ovládací stránky se napětí na zdroji automaticky nastaví na hodnotu 0V, není tedy potřeba vypínat žárovky před opuštěním webové stránky.)
- Do jednoho společného grafu zakreslete voltampérové charakteristiky pro všech šest různých světelných zdrojů.
- Porovnejte měrné světelné výkony jednotlivých žárovek, resp. zářivek.
- Vypracujte protokol o měření, který má standardní části: Úvod, Teoretická část, Experimentální část (naměřená data, grafy, výpočty a tabulky), Závěr a Zhodnocení měření.

### Doplňující otázky

- Na základě jakých fyzikálních principů vyznačuje neúsporná žárovka, halogenová žárovka, LED žárovka a úsporná zářivka?
- Jaké jsou rozdíly mezi činným, jalovým a zdánlivým výkonem ve střídavém obvodu?
- K jaké hodnotě se musí v obvodu RLC co nejvíce blížit účinnost  $\cos \varphi$ , aby byl činný výkon maximální?
- Pokuste se provést podobný experiment ve své školní laboratoři fyziky. Jaké pomůcky budou k tomuto pokusu potřeba?

### Použitá literatura

- Lepil, O., Šedivý, P.: *Fyzika pro gymnázia. Elektřina a magnetismus*. Prometheus, Praha, 2000.
- Látal, F.: *Vzdáleně ovládaná laboratoř* [online]. [cit. 2010-8-23]. Vzdáleně ovládané experimenty. Dostupné z WWW: <<http://www.ictphysics.upol.cz/remotelab/>>.
- Reichl, J.: *Fyzika* [online]. [cit. 2010-8-31]. Encyklopedie fyziky. Dostupné z WWW: <<http://fyzika.jreichl.com/>>.
- Halliday, D., Resnick, R., Walker, J.: *Fyzika. Část 3. Elektřina a magnetismus*. VUTIUM, Brno, 2006.
- Stavebnictví a interiér: Elektroinstalace, zdroje elektřiny a světla* [online]. [cit. 2010-09-27]. Světelná účinnost zdrojů světla (žárovky, kompaktní zářivky, výbojky a dalších). Dostupné z WWW: <<http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/zarovka-usporna-zarovka-mnozstvi-svetla/>>.
- Energetický poradce PRE* [online]. [cit. 2010-09-27]. Slovník odborných výrazů. Dostupné z WWW: <<http://www.energetickyporadce.cz/slovník/>>.

## Příloha č. 6

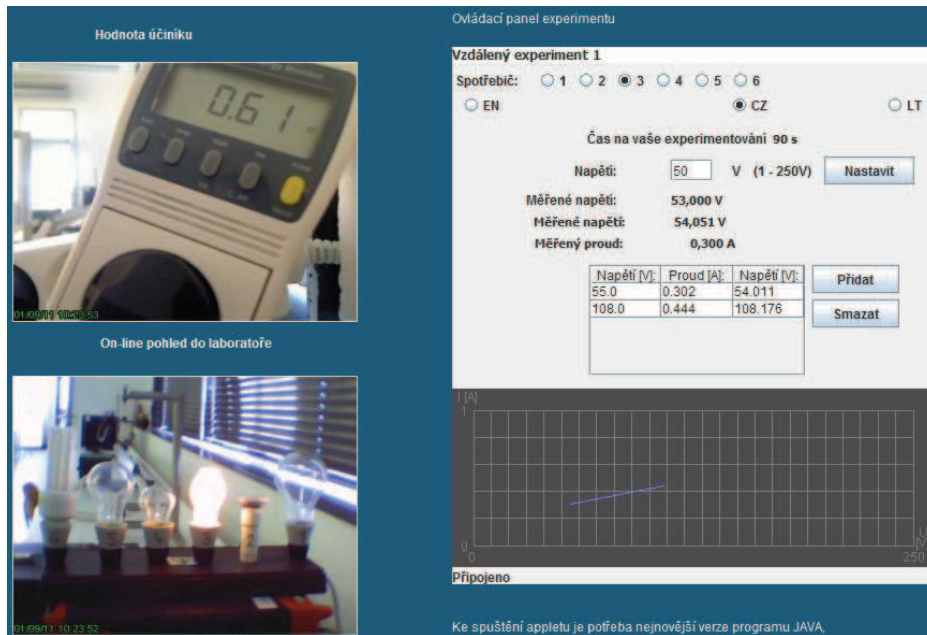
### Řešení pro učitele SŠ – vzdáleně ovládaný experiment

<b>Střídavý proud (SŠ)</b>	<b>Voltampérové charakteristiky různých zdrojů světla</b>
----------------------------	---

#### Výsledky měření

Experiment se nachází na webové stránce <http://ictphysics.upol.cz/remotelab/>.

Po provedení postupu dle pracovního listu se na webové stránce zobrazí následující obrázek (obr. 1).



Obr. 1

#### Příklad naměřených dat:

##### Zdroj světla 1:

Proud [A]	Napětí [V]	Účinník $\cos \varphi$
0,417	54,059	0,65
0,499	76,003	0,78
0,568	96,817	0,84
0,635	118,526	0,91
0,694	139,377	0,94
0,749	160,108	0,95
0,800	180,824	0,97
0,849	201,157	0,97
0,872	211,189	0,97
0,895	221,390	0,98
0,917	231,150	0,98
0,940	241,660	0,98
0,961	251,370	0,99

Jmen. příkon $P_f$ [W]	200
Světelný tok $\phi$ [lm]	3040
Fázový posun $\varphi$ [°]	11°26'
Činný výkon $P$ [W]	207,7
Zdánlivý výkon $S$ [VA]	211,9
Jalový výkon $Q$ [var]	42,0
Měrný světelný výkon $P_M$ [ $\frac{\text{lm}}{\text{W}}$ ]	15,2

Zdroj světla 2:

Proud [A]	Napětí [V]	Účinník $\cos \varphi$
0,011	54,879	0,36
0,014	77,363	0,37
0,018	98,691	0,38
0,023	121,206	0,39
0,026	143,313	0,40
0,030	165,228	0,43
0,034	187,257	0,43
0,038	209,184	0,46
0,040	219,830	0,43
0,042	230,650	0,44
0,044	241,570	0,45
0,046	253,430	0,45
0,048	263,710	0,44

Jmen. příkon $P_f$ [W]	2
Světelný tok $\phi$ [lm]	100
Fázový posun $\varphi$ [°]	63°15'
Činný výkon $P$ [W]	4,76
Zdánlivý výkon $S$ [VA]	4,85
Jalový výkon $Q$ [var]	0,95
Měrný světelný výkon $P_M$ [ $\frac{\text{lm}}{\text{W}}$ ]	50

Zdroj světla 3:

Proud [A]	Napětí [V]	Účinník $\cos \varphi$
0,303	54,146	0,61
0,364	76,182	0,70
0,415	97,066	0,78
0,465	119,105	0,84
0,509	140,204	0,88
0,550	161,200	0,91
0,589	182,486	0,95
0,626	203,200	0,96
0,643	213,392	0,96
0,661	223,690	0,96
0,678	233,950	0,96
0,696	244,880	0,96
0,711	254,480	0,97

Jmen. příkon $P_f$ [W]	150
Světelný tok $\phi$ [lm]	2100
Fázový posun $\varphi$ [°]	16°15'
Činný výkon $P$ [W]	152,3
Zdánlivý výkon $S$ [VA]	158,6
Jalový výkon $Q$ [var]	44,4
Měrný světelný výkon $P_M$ [ $\frac{\text{lm}}{\text{W}}$ ]	14

Zdroj světla 4:

Proud [A]	Napětí [V]	Účinník $\cos \varphi$
0,155	54,425	0,49
0,185	76,815	0,56
0,211	97,931	0,64
0,236	120,209	0,71
0,258	141,723	0,77
0,280	163,091	0,82
0,300	184,415	0,83
0,319	206,071	0,86
0,329	216,823	0,88
0,338	227,370	0,91
0,346	237,830	0,91
0,356	249,490	0,91
0,364	259,140	0,92

Jmen. příkon $P_f$ [W]	75
Světelný tok $\phi$ [lm]	930
Fázový posun $\varphi$ [°]	24°25'
Činný výkon $P$ [W]	74,9
Zdánlivý výkon $S$ [VA]	82,3
Jalový výkon $Q$ [var]	34,0
Měrný světelný výkon $P_M$ [ $\frac{\text{lm}}{\text{W}}$ ]	12,4

Zdroj světla 5:

Proud [A]	Napětí [V]	Účinník $\cos \varphi$
0,319	54,290	0,63
0,381	76,264	0,71
0,434	97,082	0,8
0,486	119,215	0,87
0,531	140,255	0,88
0,574	161,357	0,92
0,615	182,331	0,94
0,653	203,357	0,96
0,671	213,615	0,96
0,689	223,570	0,97
0,706	233,690	0,97
0,725	244,780	0,97
0,742	255,050	0,98

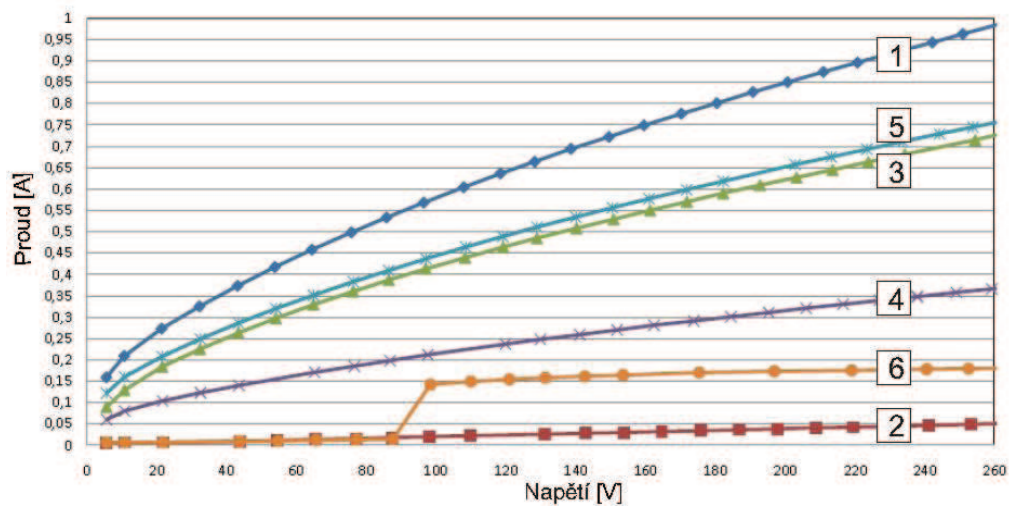
Jmen. příkon $P_r$ [W]	150
Světelný tok $\phi$ [lm]	2160
Fázový posun $\varphi$ [°]	14°04'
Činný výkon $P$ [W]	160,0
Zdánlivý výkon $S$ [VA]	164,9
Jalový výkon $Q$ [var]	40,1
Měrný světelný výkon $P_M$ [ $\frac{\text{lm}}{\text{W}}$ ]	14,4

Zdroj světla 6:

Proud [A]	Napětí [V]	Účinník $\cos \varphi$
0,010	54,940	0,36
0,012	77,377	0,36
0,023	98,600	0,38
0,151	121,079	0,56
0,157	142,745	0,58
0,164	164,481	0,61
0,173	186,470	0,62
0,182	208,565	0,65
0,185	219,473	0,66
0,187	230,300	0,66
0,191	241,210	0,68
0,194	252,650	0,68
0,198	262,860	0,69

Jmen. příkon $P_r$ [W]	24
Světelný tok $\phi$ [lm]	1500
Fázový posun $\varphi$ [°]	47°05'
Činný výkon $P$ [W]	31,33
Zdánlivý výkon $S$ [VA]	46,04
Jalový výkon $Q$ [var]	33,74
Měrný světelný výkon $P_M$ [ $\frac{\text{lm}}{\text{W}}$ ]	62,5

Graf č. 1 – Voltampérové charakteristiky pro šest různých zdrojů světla



## Příloha č. 7

### Pracovní list – vzdáleně ovládaný experiment

<b>Kinematika hmotného bodu (SŠ)</b>	<b>Volný pád v trubici</b>
--------------------------------------	----------------------------

#### Fyzikální princip

Volný pád je zvláštním případem rovnoměrně zrychleného pohybu s nulovou počáteční rychlostí. První pokusy s volným pádem prováděl v 17. století Galileo Galilei, který prokázal, že volný pád je rovnoměrně zrychlený pohyb a stanovil také zrychlení padajících těles. Toto zrychlení se nazývá tíhové zrychlení a značí se  $g$ . Tíhové zrychlení se mírně mění se zeměpisnou šířkou a nadmořskou výškou. Při hladině moře v našich zeměpisných šířkách je přibližně  $9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ . Libovolné tělesa (např. pírkó a kámen) se při volném pádu ve vakuu pohybují se stejným zrychlením  $g$ . Volný pád lze popsat následujícími vztahy:

$$h = \frac{1}{2}gt^2, \quad (1)$$

$$v = gt, \quad (2)$$

kde  $h$  je výška nad povrchem Země, z které bylo těleso puštěno a  $v$  je rychlost pádu tělesa v čase  $t$ . Čas dopadu  $t_d$  lze stanovit ze vztahu (1):

$$t_d = \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad (3)$$

a velikost rychlosti dopadu  $v_d$  lze vypočítat ze vztahu:

$$v_d = \sqrt{2gh}. \quad (4)$$

#### Cíl

1. Seznámit se s vzdáleně ovládaným experimentem *Volný pád v trubici*.
2. Vytvořit graf závislosti dráhy na čase při volném pádu v trubici.
3. Stanovit rychlost dopadu tělesa při volném pádu v trubici.
4. Vypracovat protokol o měření.

#### Pomůcky

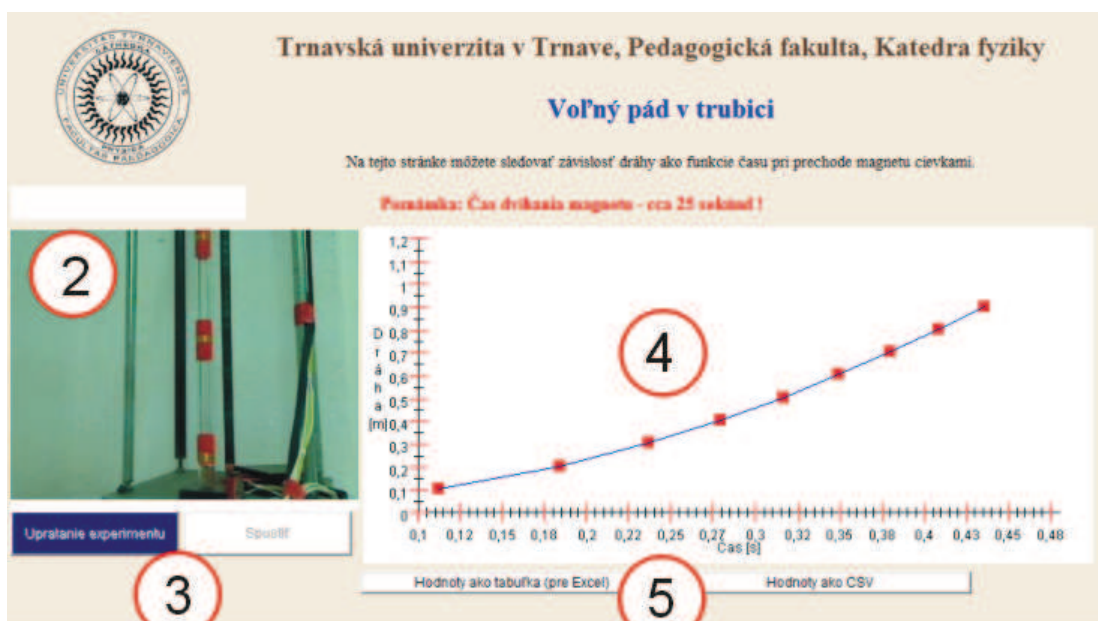
Počítač s připojením na internet.

#### Schéma

Na webové stránce <http://remotelab4.truni.sk/sk.html> (viz obr. 1) si zvolte možnost, že chcete proměřovat závislost dráhy padajícího tělesa na čase (číslo 1). Otevře se vám další stránka (viz obr. 2), kde v levé části máte on-line pohled do laboratoře (číslo 2). Pod obrázkem jsou tlačítka, která zvedají magnet a spouštějí magnet (číslo 3). V pravé části obrazovky se vám zobrazuje graf závislosti dráhy na čase (číslo 4) a pod ním máte možnost stáhnout si naměřená data jako tabulku do Excelu nebo jako CSV (číslo 5).



Obr. 1: Webová stránka, z ktorej lze experiment vzdáleně ovládat.



Obr. 2: Webová stránka, z ktorej lze experiment vzdáleně ovládat.

## Postup měření

1. Zapněte počítač a připojte se na internet. Experiment je umístěn na webové stránce <http://remotelab4.truni.sk/sk.html> (viz obr. 1-2).
2. Pokud by se na této webové stránce vyskytly chyby, vyzkoušejte tento experiment v jiném webovém prohlížeči a zkontrolujte, zda máte nainstalovanou nejnovější verzi programu JAVA, která je zdarma dostupná např. na stránce <http://java.com/>.
3. Pokud je vše v pořádku lze přejít k měření. Nejprve se seznámte s ovládáním experimentu a proveďte jedno zkušební měření, kde se seznámíte s funkcemi jednotlivých tlačítek (dráha od času, Zdvihnutie magnetu apod.).
4. Na webové stránce, z které se experiment ovládá, zvolte tlačítko "Dráha od času". Poté klikněte na tlačítko pod obrázkem s názvem "Zdvihnutie magnetu" a můžete pozorovat změny v laboratoři. Celé zvedání magnetu trvá cca 25s. Po uplynutí této doby klikněte na zelené tlačítko "Spustiť".

5. V pravé části obrazovky se vám zobrazí graf závislosti dráhy na čase. Klikněte na tlačítko "Hodnoty ako tabuľka (pre Excel)" a zobrazené hodnoty času a dráhy vepište do tabulky. Ze vzorce (2) vypočítejte rychlost tělesa v jednotlivých bodech měření a zapište do tabulky.

**Tab. 1** Závislost dráhy na čase

Dráha [m]	Čas [s]	Rychlost $v$ $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right]$

6. Z hodnot v tab. 1 vytvořte graf závislosti dráhy na čase.  
 7. Ověřte, zda platí vztahy (3) a (4). Vypočítejte hodnotu rychlosti dopadu  $v_d$ .  
 8. Z důvodu přesnosti měření, zopakujte body 4-7 ještě jednou a údaje vepište do nové tabulky a vytvořte druhý graf závislosti dráhy na čase.  
 9. Vypracujte protokol o měření, který má standardní části: Úvod, Teoretická část, Experimentální část (naměřená data, grafy, výpočty a tabulky), Závěr a Zhodnocení měření.

### Doplňující otázky

1. Jak se bude měnit rychlost tělesa, které vyhodíme svisle vzhůru, a dopadne zpět do místa, kde bylo vyhozeno?
2. Jak se bude měnit tíhové zrychlení tělesa, které vyhodíme svisle vzhůru, a dopadne zpět do místa, kde bylo vyhozeno?
3. Jak se bude lišit rychlost dopadu tělesa, které spustíme svisle dolů na povrchu Země oproti rychlosti dopadu tělesa ze stejné výšky, ale na povrchu Měsíce?
4. Pokuste se provést podobný experiment v laboratoři nebo ve třídě. Jaké pomůcky budete k tomuto pokusu potřebovat?

### Použitá literatura

- [1] Bednařík, M.: *Fyzika pro gymnázia. Mechanika*. Prometheus, Praha, 2000.  
 [2] <http://remotelab4.truni.sk/sk.html>[on-line] [cit. 2010-8-30].  
 [3] Reichl, J.: *Encyklopedie fyziky*. [on-line] [cit. 2010-8-30]. Dostupné z <http://fyzika.jreichl.com/>.  
 [4] Halliday, D., Resnick, R., Walker, J.: *Fyzika. Část I. Mechanika*. VUTIUM, Brno, 2006.

## Příloha č. 8

Řešení pro učitele SŠ – vzdáleně ovládaný experiment

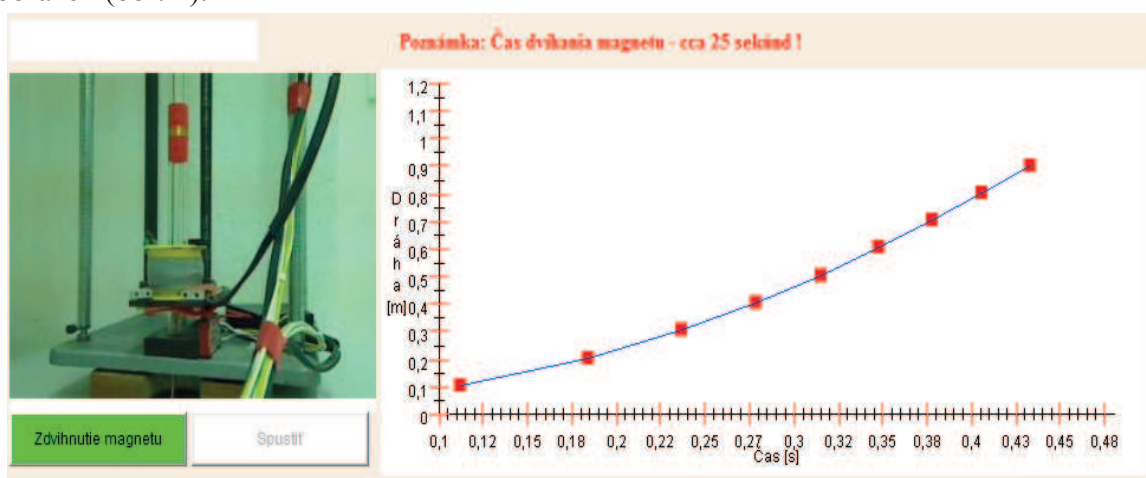
### Kinematika hmotného bodu (SŠ)

### Volný pád v trubici

#### Výsledky měření

Experiment se nachází na webové stránce <http://remotelab4.truni.sk/sk.html>.

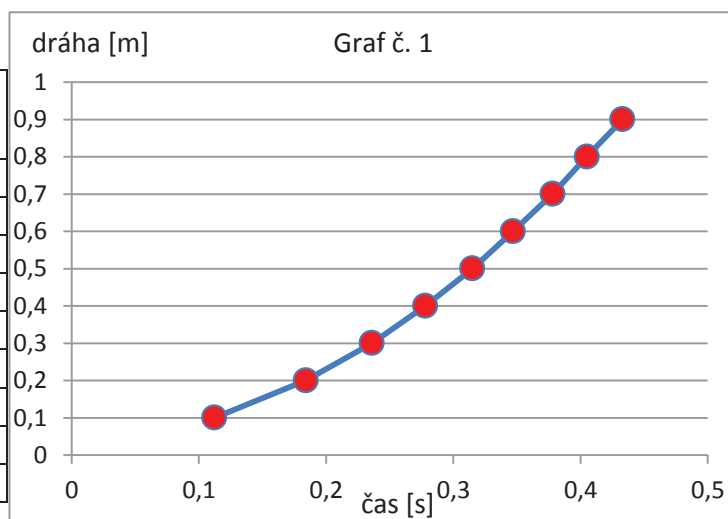
Po provedení postupu dle pracovního listu se na webové stránce zobrazí následující obrázek (obr. 1).



Obr. 1

Příklad naměřených dat:

Dráha [m]	Čas [s]	Rychlost $\left[\frac{m}{s}\right]$
0,1	0,112	1,1
0,2	0,184	1,8
0,3	0,236	2,3
0,4	0,278	2,7
0,5	0,315	3,1
0,6	0,347	3,4
0,7	0,378	3,7
0,8	0,405	4,0
0,9	0,433	4,2



Velikost rychlosti dopadu  $v_d$  (ze vzorce  $v_d = \sqrt{2gh}$ ) v tomto případě vychází:

$$v_d = 4,2 \frac{m}{s}.$$



## Příloha č. 9

### Pracovní list – vzdáleně ovládaný experiment

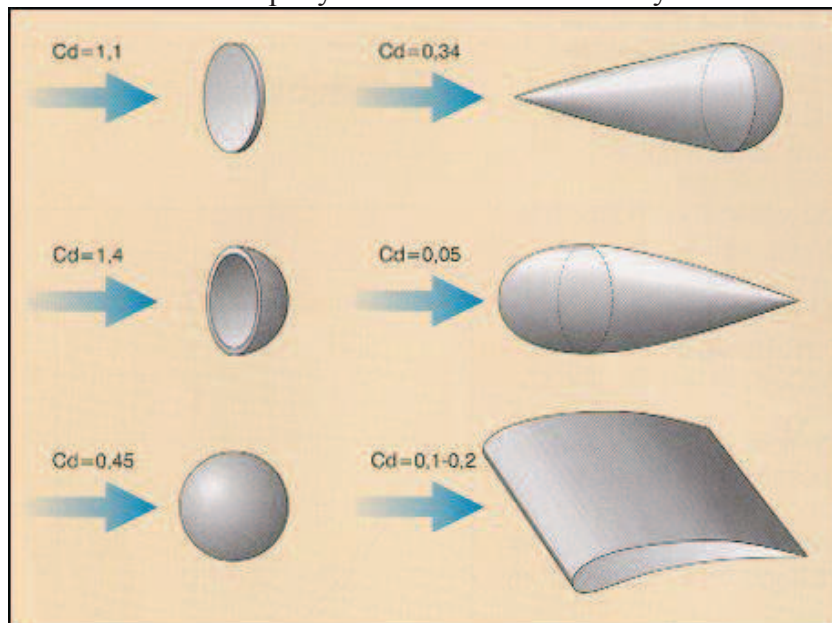
<b>Aerodynamika (SŠ)</b>	<b>Větrný tunel</b>
--------------------------	---------------------

#### Fyzikální princip

Aerodynamika je věda, která se zabývá obtékáním vzduchu kolem těles. Při pohybu tělesa vznikají v důsledku vnitřního tření odporové síly, které působí proti směru relativního pohybu tělesa ve vzduchu. Měřením bylo zjištěno, že při větších rychlostech velikost odporové síly  $F$  roste s druhou mocninou relativní rychlosti tělesa. Pro velikost aerodynamické odporové síly působící na tělesa libovolného tvaru odvodil Newton vztah:

$$F = \frac{1}{2} C \rho S v^2, \quad (1)$$

kde  $C$  je součinitel odporu (závisí na tvaru tělesa, viz obr. 1),  $\rho$  hustota vzduchu,  $S$  obsah průřezu tělesa kolmého ke směru pohybu a  $v$  velikost relativní rychlosti.



Obr. 1: Hodnoty součinitele odporu  $C$  pro různé tvary těles, převzato z [4].

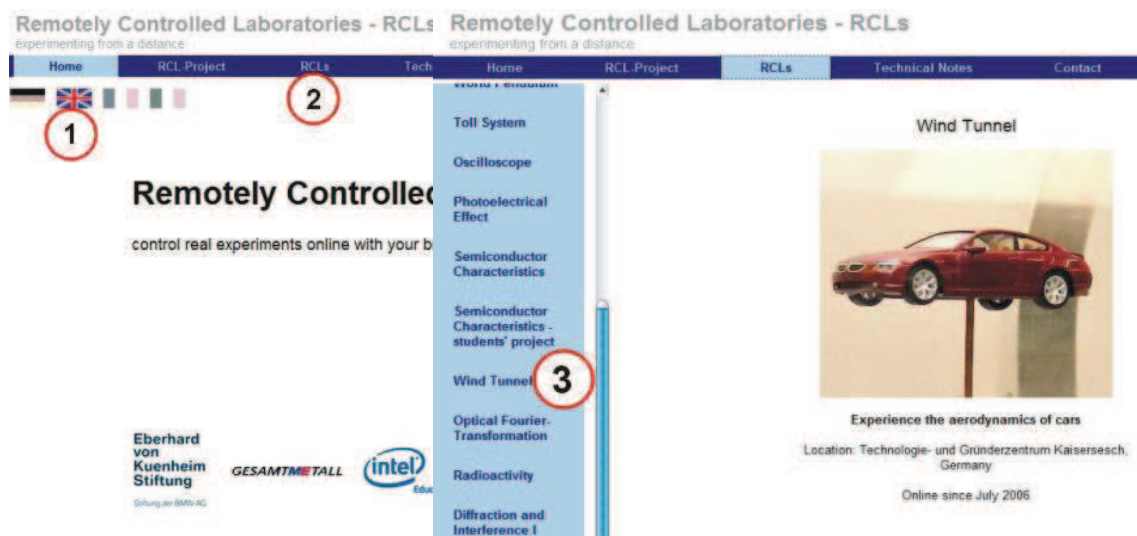
#### Cíl

1. Seznámit se s vzdáleně ovládaným experimentem *Větrný tunel*.
2. Ze vztahu (1) vypočítat součinitel odporu  $C$  pro tři různé automobily.
3. Ověřit závislost mezi aerodynamickou odporovou silou a relativní rychlostí proudícího vzduchu ( $F \sim v^2$ ) pro tři různé automobily.
4. Vypracovat protokol o měření.

#### Pomůcky

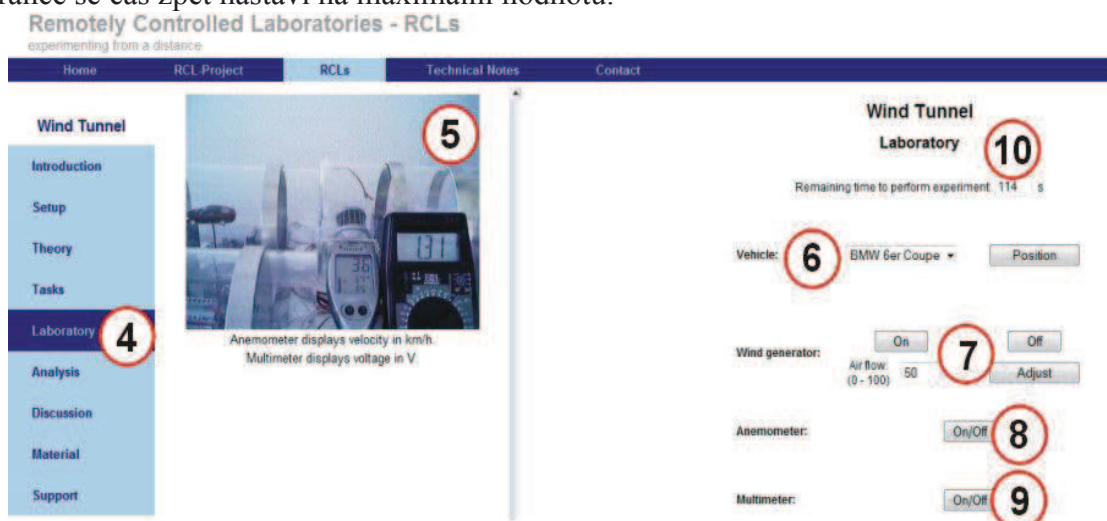
Počítač s připojením na internet.

## Schéma



Obr. 2: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.

Na webové stránce <http://rcl.physik.uni-kl.de/> (viz obr. 2) si nejprve vyberte jazykovou mutaci (nejlépe angličtinu, viz číslo 1) a poté klikněte na nápis "RCLs" v horní modré liště (viz číslo 2). Na další webové stránce se vám v levé části zobrazí seznam vzdáleně ovládaných experimentů. Klikněte na položku s názvem "Wind Tunnel" (viz číslo 3) a otevře se vám nová webová stránka s tímto experimentem (viz obr. 3). Na této webové stránce si můžete v levém modrém sloupci přečíst o tomto experimentu (teorie, úkoly, analýzy, sestava experimentu apod.). Pokud chcete přejít k měření, musíte kliknout na nápis "Laboratory" (viz číslo 4). V levé části obrazovky je obraz z webové kamery, který sleduje aktuální změny na experimentu (viz číslo 5). V pravé části webové stránky je možno nastavit různý typ automobilu (viz číslo 6), sílu proudícího vzduchu (viz číslo 7). V této části stránky jsou také dvě tlačítka "On/Off" (viz čísla 8, 9), která zapínají, resp. vypínají anemometr a multimetr. V horní části stránky (viz číslo 10) se odpočítává čas, který ještě máte k provádění experimentu. Maximální čas je 120s. Při jakékoliv aktivitě na stránce se čas zpět nastaví na maximální hodnotu.



Obr. 3: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.

## Postup měření

1. Zapněte počítač a připojte se na internet. Experiment je umístěn na webové stránce <http://rcl.physik.uni-kl.de/> (obr. 2-3).
2. Pokud by se na této webové stránce vyskytly chyby, vyzkoušejte tento experiment v jiném webovém prohlížeči.
3. Pokud je vše v pořádku lze přejít k měření. Nejprve se seznamte s ovládáním experimentu a proveďte jedno zkušební měření, kde se seznámíte s funkcemi jednotlivých tlačítek (position, on, off, adjust apod.).
4. K výpočtu součinitele odporu  $C$  ze vzorce (1) potřebujete znát hodnotu hustoty vzduchu při pokojové teplotě. V tabulkách si vyhledejte hodnotu hustoty vzduchu pro pokojovou teplotu, nezapomeňte uvést správné jednotky.
5. Dále k výpočtu  $C$  potřebujete znát obsah průřezu tělesa kolmého ke směru pohybu  $S$  (viz tab. 1) a také poměr mezi změnou napětí měřenou na multimetru a změnou odporové síly pro každý automobil ( $\frac{\Delta U}{\Delta F}$ ), (viz tab. 2).

Tab. 1

Typ auta	S	S [m <sup>2</sup> ]
BMW 6er Coupe	(258 ± 6) mm <sup>2</sup>	
Fire engine ("Požární vůz")	(826 ± 18) mm <sup>2</sup>	
BMW X5	(380 ± 6) mm <sup>2</sup>	

Tab. 2

Typ auta	$\frac{\Delta U}{\Delta F}$
BMW 6er Coupe	48,94 $\frac{\text{V}}{\text{N}}$
Fire engine ("Požární vůz")	21,77 $\frac{\text{V}}{\text{N}}$
BMW X5	49,33 $\frac{\text{V}}{\text{N}}$

6. Nyní můžete přejít k samotnému měření. Na webové stránce nejprve vyberte auto "BMW 6er Coupe". Zapněte (stisknutím tlačítka "on") větrný generátor ("windgenerator"), nastavte proud vzduchu v políčku "Air flow" na hodnotu 0 a zapněte anemometr a multimetr. Počkejte 5-10s až se hodnoty ustálí a z webové kamery v levé části obrazovky si opište údaje z anemometru (první přístroj) a multimetru (druhý přístroj). Poté do políčka "Air flow" zadejte vyšší hodnotu např. 40 a zpět do tabulky opište naměřené údaje.

Tab. 3

Typ auta:				
Air flow	$v [\frac{\text{km}}{\text{h}}]$	$v [\frac{\text{m}}{\text{s}}]$	$U [\text{V}]$	$\frac{\Delta U}{\Delta F} [\frac{\text{N}}{\text{V}}]$
0	0	0	$U_0 =$	
			$U_1 =$	

7. Z tab. 3 vypočítejte velikost odporové síly  $F$  pro "BMW 6er Coupe":

$$\frac{\Delta U}{\Delta F} = 48,94 \frac{\text{N}}{\text{V}} \Rightarrow F = \frac{U_1 - U_0}{48,94} \text{ N.}$$

8. Nyní znáte všechny potřebné hodnoty. Dosazením do vztahu (1) určete hodnotu součinitele aerodynamického odporu  $C$  pro "BMW 6er Coupe". Pozor na správné jednotky!

9. Nyní přejděte k ověření vztahu  $F \sim v^2$  pro "BMW 6er Coupe". Zapněte větrný generátor ("windgenerator"), nastavte proud vzduchu v políčku "Air flow" na hodnotu 0 a zapněte anemometr a multimetr. Počkejte 5-10s až se hodnoty ustálí a z webové kamery v levé části obrazovky si do tabulky opište údaje z anemometru (první přístroj) a multimetru (druhý přístroj). Postup zopakujte a do políčka "Air flow" dále zadávejte hodnoty 20, 40, 60, 80 a 100.

Tab. 4

Air flow	$v \left[\frac{km}{h}\right]$	$v \left[\frac{m}{s}\right]$	$v^2 \left[\frac{m^2}{s^2}\right]$	$U$ [V]	$U_1 - U_0$ [V]	$F = \frac{U_1 - U_0}{48,94}$ [N]
0	0	0	0	$U_0 =$	0	0
				$U_1 =$		
				$U_1 =$		
				$U_1 =$		
				$U_1 =$		
				$U_1 =$		

10. Z naměřených hodnot vytvořte graf závislosti  $F$  na  $v^2$  a ověřte platnost vztahu  $F \sim v^2$ .  
 11. Na webových stránkách si vyberte druhé auto "Fire engine" a body 6-10 analogicky zopakujte. Pro výpočet odporové síly  $F$  pro "Fire engine" použijte vztah:

$$F = \frac{U_1 - U_0}{21,77}$$

12. Po provedení druhého měření si vyberte třetí automobil "BMW X5" a body 6-10 ještě jednou analogicky zopakujte. Pro výpočet odporové síly  $F$  pro "BMW X5" použijte vztah:

$$F = \frac{U_1 - U_0}{49,33}$$

13. Vypracujte protokol o měření, který má standardní části: Úvod, Teoretická část, Experimentální část (naměřená data, grafy, výpočty a tabulky), Závěr a Zhodnocení měření.

### Doplňující otázky

- Jaký vliv má součinitel aerodynamického odporu  $C$  na konstrukci automobilů?
- U plynů mluvíme o aerodynamické odporové síle, u kapalin o hydrodynamické odporové síle. Popište, jak vypadá proudění reálné kapaliny kolem překážky při menší rychlosti a při větších rychlostech. Jak se tyto dva typy proudění nazývají?
- Popište, jak na vás působí Newtonův vztah (1) při pomalé nebo rychlé jízdě na kole.
- Pokuste se provést podobný experiment v laboratoři nebo ve třídě. Jaké pomůcky budete k tomuto pokusu potřebovat?

### Použitá literatura

- [1] Bednařík, M.: *Fyzika pro gymnázia. Mechanika*. Prometheus, Praha, 2000.
- [2] <http://rcl.physik.uni-kl.de/>. [on-line] [cit. 2010-8-9].
- [3] <http://cs.autolexicon.net/articles/aerodynamika>. [on-line] [cit. 2010-8-9].
- [4] <http://www.aquaphoenix.com/lecture/matlab5/page2.html>. [on-line] [cit. 2010-8-9].

## Příloha č. 10

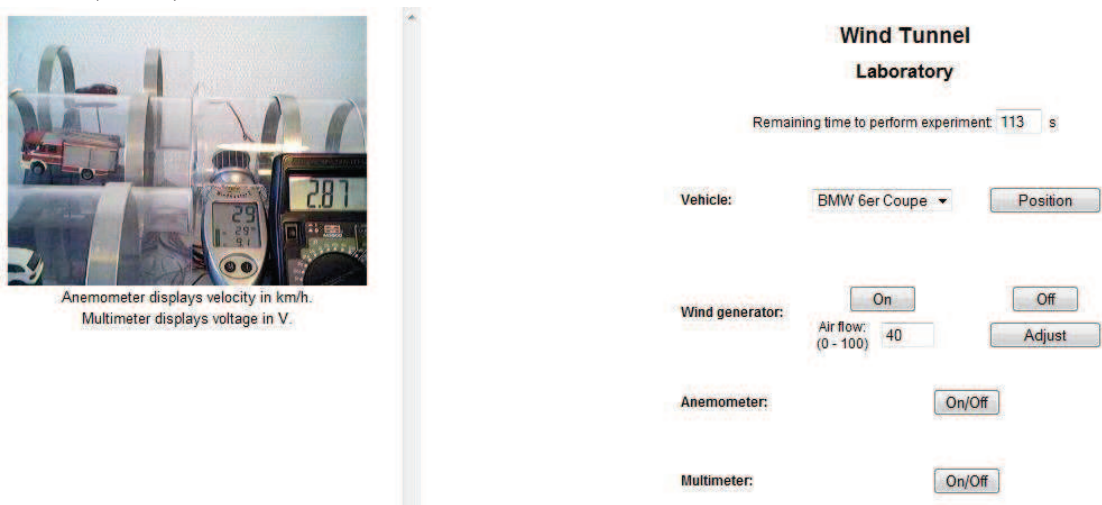
Řešení pro učitele SŠ – vzdáleně ovládaný experiment

<b>Aerodynamika (SŠ)</b>	<b>Větrný tunel</b>
--------------------------	---------------------

### Výsledky měření

Experiment se nachází na webové stránce <http://rcl.physik.uni-kl.de/>.

Po provedení postupu dle pracovního listu se na webové stránce zobrazí následující obrázek (obr. 1).



Obr. 1

1. Nejprve určíme součinitel aerodynamického odporu  $C$  ze vztahu:

$$F = \frac{1}{2} C \rho S v^2. \quad (1)$$

hustota vzduchu je:  $\rho_{vz} (20^\circ C) = 1,20 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ .

A. **auto BMW 6er Coupe** (tabulka vyplněna dle návodu v pracovním listu)

<i>Air flow</i>	$v \left[ \frac{\text{km}}{\text{h}} \right]$	$v \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$	$U \text{ [V]}$	$\frac{\Delta U}{\Delta F} \left[ \frac{\text{N}}{\text{V}} \right]$
0	0	0	$U_0 = 1,12$	48,94
40	29	8,06	$U_1 = 1,37$	

$$\frac{\Delta U}{\Delta F} = 48,94 \frac{\text{N}}{\text{V}} \Rightarrow F = \frac{U_1 - U_0}{48,94} \text{ N} \Rightarrow F = \frac{1,37 - 1,12}{48,94} \text{ N} \Rightarrow F = 0,0051 \text{ N}.$$

$S = 258 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$  (viz pracovní list)

dosazením do vztahu (1) dostáváme:  **$C \cong 0,51$**

**B. auto Fire engine** (tabulka vyplněna dle návodu v pracovním listu)

Air flow	$v \left[ \frac{\text{km}}{\text{h}} \right]$	$v \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$	$U \text{ [V]}$	$\frac{\Delta U}{\Delta F} \left[ \frac{\text{N}}{\text{V}} \right]$
0	0	0	$U_0 = 2,25$	21,77
40	29	8,06	$U_1 = 2,89$	

$$\frac{\Delta U}{\Delta F} = 21,77 \frac{\text{N}}{\text{V}} \Rightarrow F = \frac{U_1 - U_0}{21,77} \text{ N} \Rightarrow F = \frac{2,89 - 2,25}{21,77} \text{ N} \Rightarrow F = 0,029 \text{ N.}$$

$S = 826 \cdot 10^{-6} \text{m}^2$  (viz pracovní list)

dosazením do vztahu (1) dostáváme:  $C \cong 0,90$

**C. auto BMX X5** (tabulka vyplněna dle návodu v pracovním listu)

Air flow	$v \left[ \frac{\text{km}}{\text{h}} \right]$	$v \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$	$U \text{ [V]}$	$\frac{\Delta U}{\Delta F} \left[ \frac{\text{N}}{\text{V}} \right]$
0	0	0	$U_0 = -0,11$	49,33
40	29	8,06	$U_1 = 0,31$	

$$\frac{\Delta U}{\Delta F} = 49,33 \frac{\text{N}}{\text{V}} \Rightarrow F = \frac{U_1 - U_0}{49,33} \text{ N} \Rightarrow F = \frac{0,31 - (-0,11)}{49,33} \text{ N} \Rightarrow F = 0,0085 \text{ N.}$$

$S = 380 \cdot 10^{-6} \text{m}^2$  (viz pracovní list)

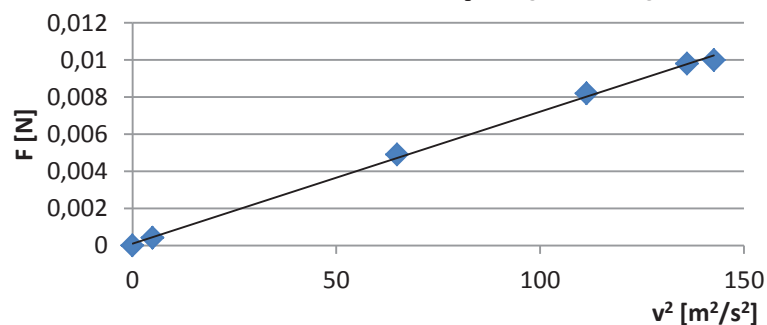
dosazením do vztahu (1) dostáváme:  $C \cong 0,57$

**2. Nyní ověříme závislost  $F \sim v^2$ :**

**A. auto BMW 6er Coupe** (tabulka vyplněna dle návodu v pracovním listu)

Air flow	$v \left[ \frac{\text{km}}{\text{h}} \right]$	$v \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$	$v^2 \left[ \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \right]$	$U \text{ [V]}$	$U_1 - U_0 \text{ [V]}$	$F = \frac{U_1 - U_0}{48,94} \text{ [N]}$
0	0	0	0	$U_0 = 1,12$	0	0
20	8	2,22	4,94	$U_1 = 1,14$	0,02	0,00041
40	29	8,06	64,89	$U_1 = 1,36$	0,24	0,0049
60	38	10,56	111,42	$U_1 = 1,52$	0,40	0,0082
80	42	11,67	136,11	$U_1 = 1,60$	0,48	0,0098
100	43	11,94	142,67	$U_1 = 1,62$	0,50	0,010

**BMW 6er Coupe ( $F \sim v^2$ )**

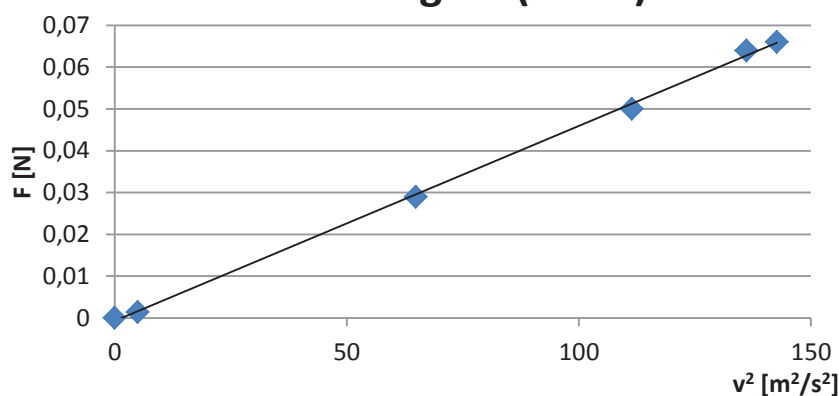


Graf 1

**B. auto Fire engine** (tabulka vyplněna dle návodu v pracovním listu)

Air flow	$v$ [ $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ ]	$v$ [ $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ ]	$v^2$ [ $\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$ ]	$U$ [V]	$U_1 - U_0$ [V]	$F = \frac{U_1 - U_0}{21,77}$ [N]
0	0	0	0	$U_0 = 2,25$	0	0
20	8	2,22	4,94	$U_1 = 2,28$	0,03	0,0014
40	29	8,06	64,89	$U_1 = 2,89$	0,64	0,029
60	38	10,56	111,42	$U_1 = 3,33$	1,08	0,050
80	42	11,67	136,11	$U_1 = 3,64$	1,39	0,064
100	43	11,94	142,67	$U_1 = 3,69$	1,44	0,066

**Fire engine ( $F \sim v^2$ )**

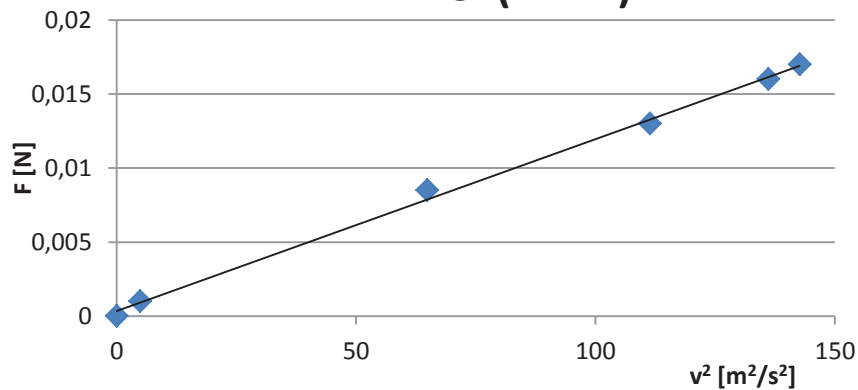


Graf 2

**C. auto BMX X5** (tabulka vyplněna dle návodu v pracovním listu)

Air flow	$v$ [ $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ ]	$v$ [ $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ ]	$v^2$ [ $\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$ ]	$U$ [V]	$U_1 - U_0$ [V]	$F = \frac{U_1 - U_0}{49,33}$ [N]
0	0	0	0	$U_0 = -0,11$	0	0
20	8	2,22	4,94	$U_1 = -0,06$	0,05	0,0010
40	29	8,06	64,89	$U_1 = 0,31$	0,42	0,0085
60	38	10,56	111,42	$U_1 = 0,54$	0,65	0,013
80	42	11,67	136,11	$U_1 = 0,69$	0,80	0,016
100	43	11,94	142,67	$U_1 = 0,71$	0,82	0,017

**BMX X5 ( $F \sim v^2$ )**



Graf 3

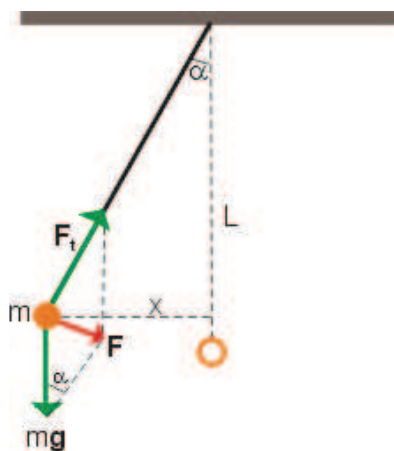
## Příloha č. 11

### Pracovní list – vzdáleně ovládaný experiment

<b>Mechanické kmitání (SŠ)</b>	<b>Závislost tíhového zrychlení na zeměpisné šířce</b>
--------------------------------	--

#### Fyzikální princip

Matematickým kyvadlem rozumíme abstraktní model mechanického oscilátoru, kde je malé těleso hmotnosti  $m$  zavěšeno na pevném vlákně zanedbatelné hmotnosti a konstantní délky  $L$  (viz obr. 1).



**Obr. 1:** Matematické kyvadlo.

Při výpočtu se omezíme pouze na malé výchylky, abychom mohli oblouk, po kterém se kulička pohybuje (viz obr. 1), považovat za úsečku. Pro výchylku  $\alpha \leq 5^\circ$  platí, že výraz  $\sin \alpha$  je přibližně roven úhlu  $\alpha$ , vyjádřenému v radiánech ( $\sin \alpha \cong \alpha$ ). (Např. pro  $\alpha = 5^\circ$ , tj. pro  $\alpha = 0,0873$  rad, dostaneme  $\sin \alpha = 0,0872$ .) Příčinou kmitavého pohybu matematického kyvadla je síla  $F$ , která je výslednicí tíhové síly  $mg$  a tahové síly  $F_t$ , kterou působí vlákno závěsu na těleso. Síla  $F$  působí proti výchylce kuličky a snaží se ji vrátit do rovnovážné polohy ( $\alpha = 0$ ). Pro sílu  $F$  (viz obr. 1) platí:

$$F = -m g \sin \alpha = -m g \frac{x}{L}, \quad (1)$$

kde záporné znaménko upozorňuje, že síla působí proti výchylce.

Srovnáme-li vztah (1) s pohybovou rovnicí harmonického kmitání

$$F = -m \omega^2 x, \quad (2)$$

kde  $\omega$  je úhlová frekvence pohybu, pak dostáváme vztah pro úhlovou frekvenci  $\omega_0$  vlastního kmitání matematického kyvadla

$$F = -m \omega^2 x = -m g \frac{x}{L} \Rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{L}{g}}. \quad (3)$$

Pro periodu  $T_0$  a frekvenci  $f_0$  vlastního kmitání matematického kyvadla platí:

$$T_0 = 2 \pi \sqrt{\frac{L}{g}}, \quad (4)$$



$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}}. \quad (5)$$

Ze vztahu (4) vidíme, že perioda kmitání matematického kyvadla nezávisí na hmotnosti tělesa ani na výchylce z rovnovážné polohy. Pro tíhové zrychlení  $g$  platí tedy vztah:

$$g = \frac{4\pi^2 L}{T_0^2}. \quad (6)$$

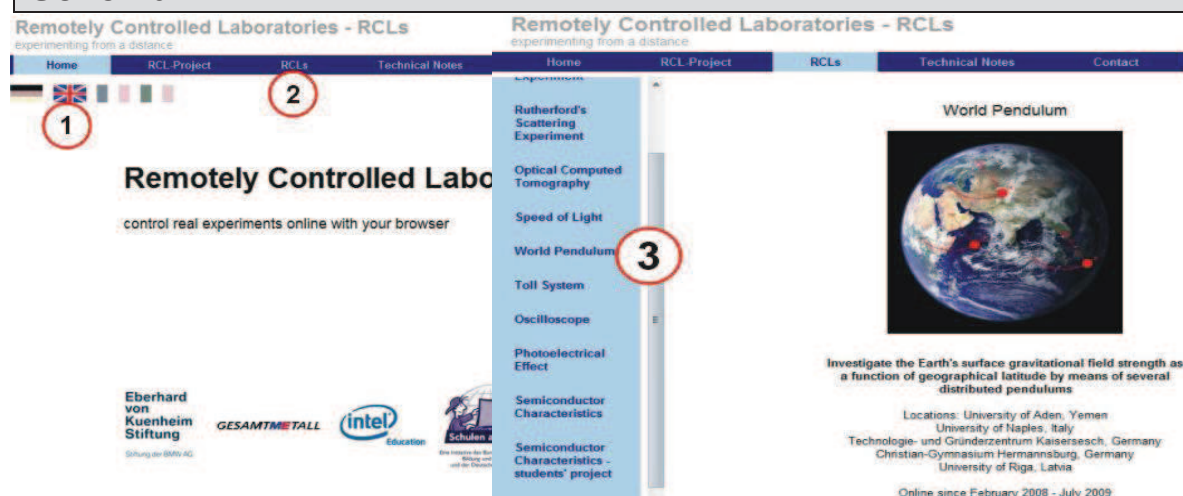
## Cíl

1. Seznámit se s vzdáleně ovládaným experimentem *Závislost tíhového zrychlení na zeměpisné šířce*.
2. Ze vztahu (6) vypočítat tíhové zrychlení  $g$  pro dané místo měření.
3. Seznámit se resp. zopakovat si vlastnosti tíhového zrychlení  $g$  vzhledem k zeměpisné šířce a nadmořské výšce.
4. Vypracovat protokol o měření.

## Pomůcky

Počítač s připojením na internet.

## Schéma



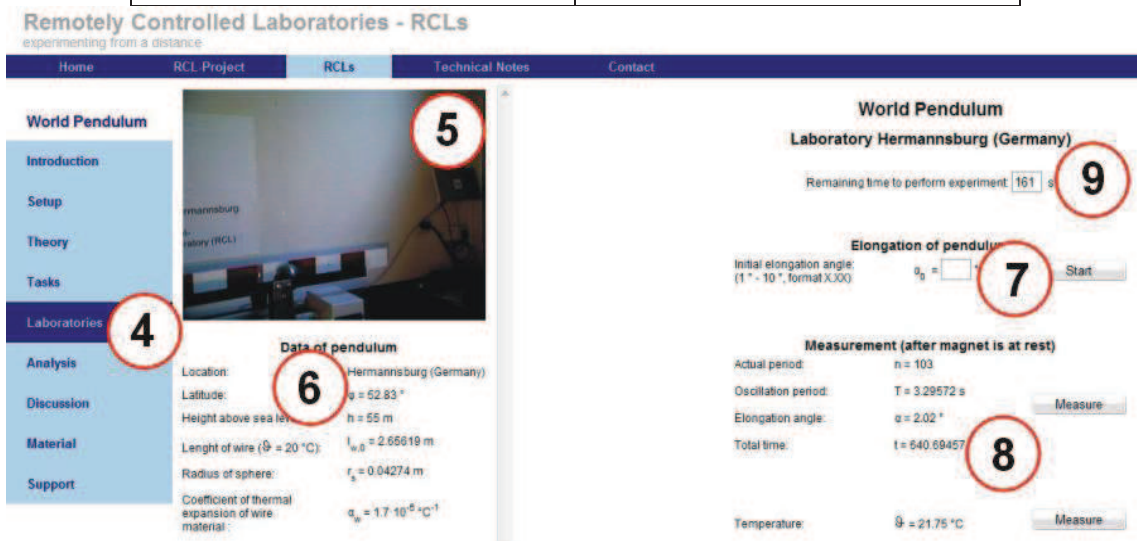
Obr. 2: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.

Na webové stránce <http://rcl.physik.uni-kl.de/> (viz obr. 2) si nejprve vyberte jazykovou mutaci (nejlépe angličtinu; číslo 1) a poté klikněte na nápis "RCLs" v horní modré liště (číslo 2). Na další webové stránce se vám v levé části zobrazí seznam vzdáleně ovládaných experimentů. Klikněte na položku s názvem "World Pendulum" (číslo 3) a otevře se vám nová webová stránka s tímto experimentem (viz obr. 3). Na této webové stránce si můžete v levém modrém sloupci přečíst o tomto experimentu (teorie, úkoly, analýzy, sestava experimentu apod.). Pokud chcete přejít k měření, musíte kliknout na nápis "Laboratories" (číslo 4). Jelikož je tento experiment 4krát na 4 různých místech světa (viz tab. 1), zvolte si jednu z možností (ovládání je u všech stejné) a pokračujte dál. V levé části obrazovky je obraz z webové kamery, který sleduje aktuální změny na experimentu (číslo 5), pod ním (číslo 6) jsou údaje o experimentu (poloha, nadmořská výška, délka kyvadla, poloměr zavěšené kuličky apod.). V pravé části webové stránky je možno nastavit úhel, o který se

kyvadlo vychýlí (číslo 7). V dolní části (číslo 8) jsou naměřené údaje (počet period, doba jedné periody, úhel vychýlení, teplota v místnosti apod.). V horní části stránky (číslo 9) se odpočítává čas, který ještě máte k provádění experimentu. Maximální čas je 180s.

Tab. 1 Seznam míst, kde jsou umístěna jednotlivá vzdáleně ovládaná matematická kyvadla.

Kaisersech	Německo
Hermannsburg	Německo
Riga	Lotyšsko
Aden	Yemen



Obr. 3: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.

## Postup měření

1. Zapněte počítač a připojte se na internet. Experiment je umístěn na webové stránce <http://rcl.physik.uni-kl.de/> (obr. 2-3).
2. Pokud by se na této webové stránce vyskytly chyby, vyzkoušejte tento experiment v jiném webovém prohlížeči.
3. Jelikož je experiment ve 4 verzích na 4 různých místech, vyberte nejprve experiment umístěný v Kaisersechu (Německo), pokud by zrovna tento odkaz nebyl funkční, vyberte jiný.
4. Pokud je vše v pořádku lze přejít k měření. Nejprve se seznámte s ovládáním experimentu a proveďte jedno zkušební měření, kde se seznámíte s funkcemi jednotlivých tlačítek (start, measure apod.).

Tab. 2

Umístění kyvadla (země)	
Zeměpisná šířka	$\varphi =$
Nadmořská výška	$h =$
Délka vlákna	$x =$
Poloměr kuličky	$r =$
Délka kyvadla	$L = x + r =$

5. Z webové stránky si do tabulky opište umístění (Location), zeměpisnou šířku (Latitude), nadmořskou výšku (Height above sea level), délku vlákna (Length of wire), poloměr kuličky (Radius of sphere) a dopočítejte délku kyvadla  $L$ .
6. V pravé části obrazovky, kde je ovládání experimentu nastavte počáteční výchylku (Initial elongation angle) na  $10^\circ$  a klikněte na tlačítko "Start". Chvilí vyčkejte, než se dá kyvadlo do pohybu a zvolte první tlačítko "Measure". Po stisknutí tohoto tlačítka se vám zobrazí perioda kmitu mat. kyvadla "Oszillation period" a přesnější hodnota

výchylky "Elongation angle", tyto hodnoty si zapište do tabulky. Zvolte si jinou hodnotu výchylky a hodnoty si opět zapište do tabulky. Celkem zvolte šest různých výchylek. Podle vzorce (6) vypočítejte hodnotu tíhového zrychlení  $g$ . Nezapomeňte uvádět správné jednotky!

**Tab. 3**

Výchylka kyvadla	Perioda	$g \left[ \frac{m}{s^2} \right]$
$\alpha =$	$T =$	
$\alpha =$	$T =$	
$\alpha =$	$T =$	
$\alpha =$	$T =$	
$\alpha =$	$T =$	

- Hodnoty z tabulky zakreslete do grafu, kde na ose  $x$  bude výchylka  $\alpha$  a na ose  $y$  tíhové zrychlení.
- Nyní se vraťte na úvodní webovou stránku a vyberte si stejný experiment, ale na jiném místě (pokud možno zvolte i jinou zemi). Zcela analogicky opakujte body 5-7.
- Ještě jednou se vraťte na úvodní webovou stránku a vyberte si stejný experiment, ale na jiném místě (pokud možno zvolte i jinou zemi). Zcela analogicky opakujte body 5-7. Celkem budete mít změřeny hodnoty ze tří různých míst na světě.
- Srovnejte jednotlivé měření ze tří různých mat. kyvadel. Z každého měření si vyberte hodnoty pro výchylku  $2^\circ$  a příslušnou zeměpisnou šířku a zaznamenejte tyto hodnoty do společného grafu, kde na ose  $x$  bude zeměpisná šířka  $\varphi$  a na ose  $y$  tíhové zrychlení  $g$ .
- Vypracujte protokol o měření, který má standardní části: Úvod, Teoretická část, Experimentální část (naměřená data, grafy, výpočty a tabulky), Závěr a Zhodnocení měření.

### Doplňující otázky

- Popište změny tíhového zrychlení na Zemi a vysvětlete pojem normálové tíhové zrychlení. Jak se mění tíhové zrychlení v různých zeměpisných šířkách a jaký vliv má na hodnotu tíhového zrychlení nadmořská výška? Jaká je hodnota tíhového zrychlení  $g$  na rovníku a jaká na pólu?
- Vysvětlete pojem kyv a kmit kyvadla. Jaký vliv na měření má délka závěsu kyvadla?
- Vysvětlete rozdíl mezi matematickým a fyzickým kyvadlem. Na internetu najdete další typy kyvadel např. reverzní kyvadlo, torzní kyvadlo, spřažená kyvadla, Blackburnovo kyvadlo, Foucaultovo kyvadlo a další a popište jejich základní vlastnosti.
- Pokuste se provést podobný experiment v laboratoři nebo ve třídě. Jaké pomůcky budete k tomuto pokusu potřebovat?

### Použitá literatura

- [1] Lepil, O.: *Fyzika pro gymnázia. Mechanické kmitání a vlnění*. Prometheus Praha, 2001.
- [2] Halliday, D., Resnick, R., Walker, J.: *Fyzika. Část 2. Mechanika – Termodynamika*. VUTIUM, Brno, 2006.
- [3] Reichl, J.: *Encyklopedie fyziky*. [on-line] [cit. 2010-8-12]. Dostupné z <http://fyzika.jreichl.com/>.
- [4] <http://rcl.physik.uni-kl.de/>. [on-line] [cit. 2010-8-12].

## Příloha č. 12

Řešení pro učitele SŠ – vzdáleně ovládaný experiment

<b>Mechanické kmitání (SŠ)</b>	<b>Závislost tíhového zrychlení na zeměpisné šířce</b>
--------------------------------	--

### Výsledky měření

Experiment se nachází na webové stránce <http://rcl.physik.uni-kl.de/>.

Po provedení postupu dle pracovního listu se na webové stránce zobrazí následující obrázek (obr. 1).

**World Pendulum**  
Laboratory Kaisersesch (Germany)

Remaining time to perform experiment: 174 s

**Elongation of pendulum**  
Initial elongation angle:  $\alpha_0 = 5^\circ$  (1° - 10°, Format XXX)

**Measurement (after magnet is at rest)**  
Actual period:  $n = 13$   
Oszillation period:  $T = 3.29638$  s   
Elongation angle:  $\alpha = 4.96^\circ$   
Total time:  $t = 42.85232$  s  
Temperature:  $\vartheta = 19.25^\circ\text{C}$

**Data of pendulum**  
Location: Kaisersesch (Germany)  
Latitude:  $\varphi = 50.23^\circ$   
Height above sea level:  $h = 445$  m  
Length of wire ( $\vartheta = 20^\circ\text{C}$ ):  $l_{w,0} = 2.65461$  m  
Radius of sphere:  $r_s = 0.04274$  m  
Coefficient of thermal expansion of wire material:  $\alpha_w = 1.7 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

Obr. 1

### Příklad naměřených dat:

1. Kaisersesch (Německo):

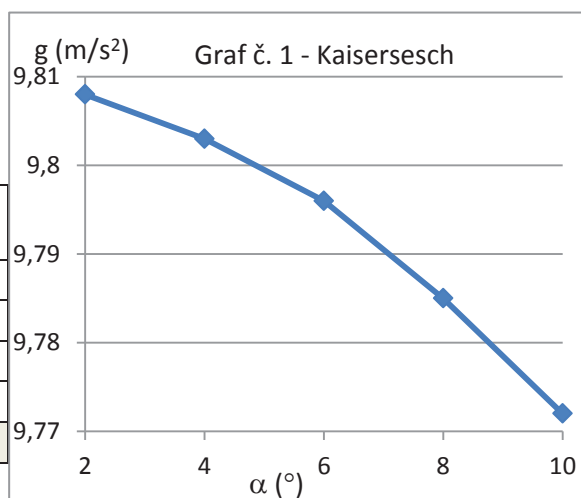
Zeměpisná šířka:  $\varphi = 50,23^\circ$

Nadmořská výška:  $h = 445$  m

Délka kyvadla:

$$L = 2,65461 + 0,04274 = 2,69735 \text{ m}$$

Výchylka kyvadla		Perioda		$g \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$
$\alpha =$	$10^\circ$	$T =$	3,30114 s	9,772
$\alpha =$	$8^\circ$	$T =$	3,29884 s	9,785
$\alpha =$	$6^\circ$	$T =$	3,29706 s	9,796
$\alpha =$	$4^\circ$	$T =$	3,29589 s	9,803
$\alpha =$	$2^\circ$	$T =$	3,29506 s	9,808



2. Riga (Lotyšsko):

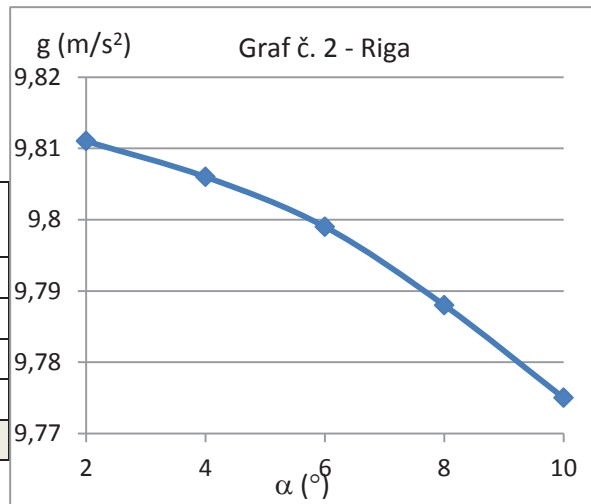
Zeměpisná šířka:  $\varphi = 56,95^\circ$

Nadmořská výška:  $h = 11$  m

Délka kyvadla:

$$L = 2,65166 + 0,04274 = 2,69440 \text{ m}$$

Výchylka kyvadla		Perioda		$g \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$
$\alpha =$	$10^\circ$	$T =$	3,29879 s	9,775
$\alpha =$	$8^\circ$	$T =$	3,29656 s	9,788
$\alpha =$	$6^\circ$	$T =$	3,29479 s	9,799
$\alpha =$	$4^\circ$	$T =$	3,29353 s	9,806
$\alpha =$	$2^\circ$	$T =$	3,29274 s	9,811



3. Aden (Jemen):

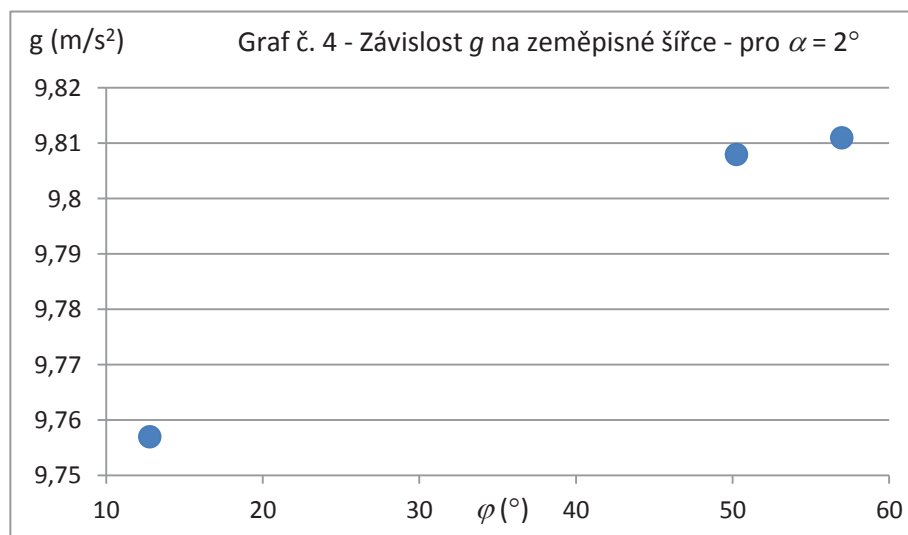
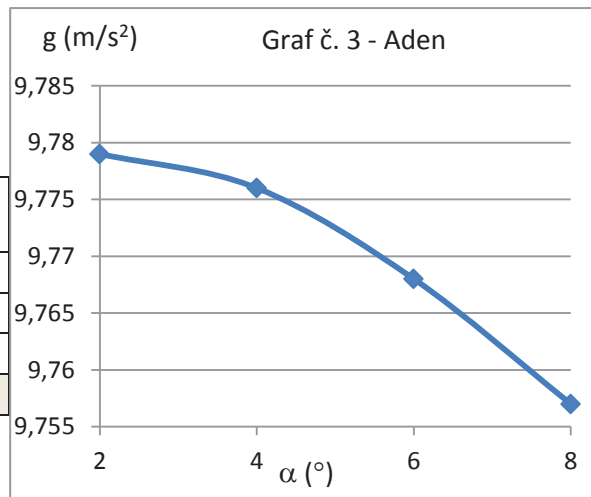
Zeměpisná šířka:  $\varphi = 12,78^\circ$

Nadmořská výška:  $h = 25$  m

Délka kyvadla:

$$L = 2,65451 + 0,04274 = 2,69725 \text{ m}$$

Výchylka kyvadla		Perioda		$g \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$
$\alpha =$	$8^\circ$	$T =$	3,30354 s	9,757
$\alpha =$	$6^\circ$	$T =$	3,30174 s	9,768
$\alpha =$	$4^\circ$	$T =$	3,30036 s	9,776
$\alpha =$	$2^\circ$	$T =$	3,29977 s	9,779



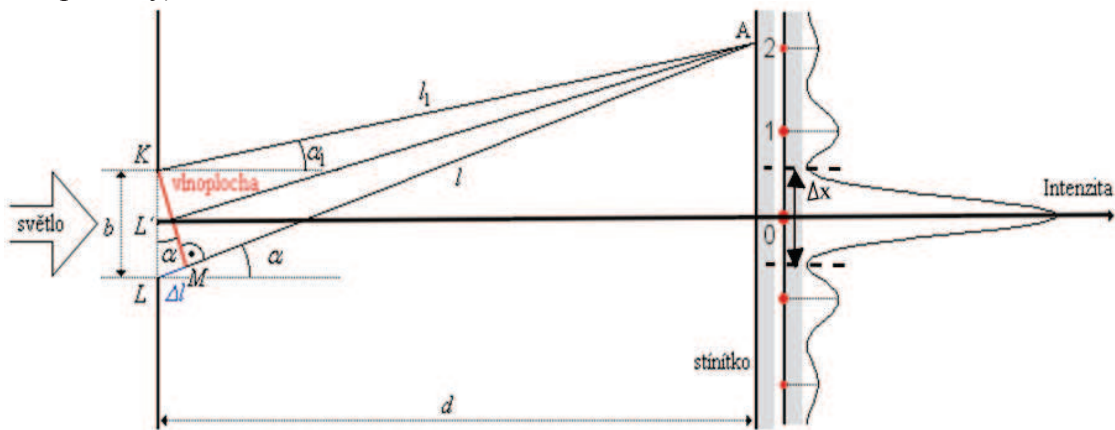
## Příloha č. 13

### Pracovní list – vzdáleně ovládaný experiment

<b>Optika (SŠ)</b>	<b>Ohyb elektromagnetického záření na štěrbině</b>
--------------------	--

#### Fyzikální princip

Ohyb neboli difrakce světla je jev podmíněný vlnovými vlastnostmi světla. Dopadá-li světlo z laseru (monofrekvenční světlo) na štěrbinu, bude se za štěrbinou šířit pomocí Huygensova principu. Na obr. 1 jsou zobrazeny 2 vlny (paprsky), které vycházejí z krajních bodů štěrbin (K, L) a dopadají do stejného bodu na stínítku (bod A). V bodě A, pak dochází k interferenci obou vln. Výsledkem interference je zesílení světla na stínítku (interferenční maximum = světlé proužky) nebo zeslabení světla (interferenční minimum = tmavé proužky).



Obr. 1: Ohyb světla na štěrbině, převzato z [2].

Poloha interferenčních **minim** je dána vztahem

$$b \sin \alpha_k = k \lambda, \quad (1)$$

kde  $b$  je šířka štěrbin,  $\lambda$  vlnová délka a  $k = 1, 2, \dots$  je řád interferenčního minima.

Poloha interferenčních **maxim** je dána vztahem

$$b \sin \alpha_k = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}, \quad (2)$$

kde  $k = 0, 1, 2, \dots$  je řád interferenčních maxim.

Šířku  $\Delta x$  téhož maxima lze vypočítat dle vztahu

$$\Delta x = 2 d \operatorname{tg} \alpha_1 \approx 2 d \sin \alpha_1 \stackrel{(1)}{\cong} 2 d \frac{\lambda}{b}$$

$$\Delta x = 2 d \frac{\lambda}{b}, \quad (3)$$

kde  $d$  je vzdálenost mezi štěrbinou a stínítkem.

## Cíl

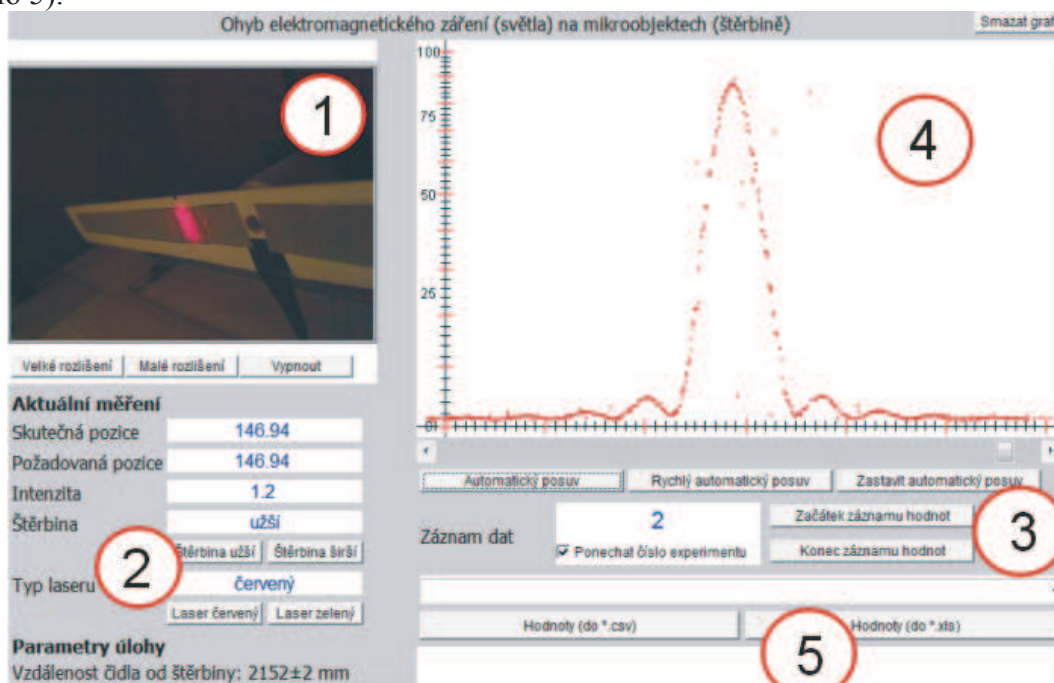
1. Seznámit se s vzdáleně ovládaným experimentem *Ohyb elektromagnetického záření na štěrbině*.
2. Z grafu změřit šířku nultého maxima.
3. Vypočítat šířku štěrbinu.
4. Vypracovat protokol o měření.

## Pomůcky

Počítač s připojením na internet.

## Schéma

Na webové stránce <http://kdt-13.karlov.mff.cuni.cz/sterbina.html> (viz obr. 2) se v levé části nachází obraz z webové kamery, která sleduje aktuální změny na skutečném, reálném experimentu (číslo 1). Pod tímto oknem se nachází přepínací panel (číslo 2), kde můžete nastavit buď zelený nebo červený laser a užší nebo širší štěrbinu. Pod těmito tlačítky naleznete základní parametry úlohy (vzdálenost čidla od štěrbinu  $d$  a vlnové délky laserů  $\lambda_1$  a  $\lambda_2$ ). V pravé části stránky, je tlačítko s názvem "Začátek záznamu hodnot", kterým zapnete záznam měřených hodnot a pod ním tlačítko "Konec záznamu hodnot", které ukončí zaznamenávání měřených hodnot (číslo 3). Při samotném měření můžete buď manuálně posunovat čidlem pomocí posuvníku na webové stránce, nebo spustit automatický posuv čidla. Ohybový obrazec se zobrazí v grafu na webové stránce (číslo 4), kde osa  $x$  odpovídá souřadnicím (v mm; 1 "malý" dílek je 1 mm) a osa  $y$  odpovídá rozložení intenzity světla. Pokud jste měření zaznamenávali, pak si naměřené hodnoty můžete stáhnout do svého počítače např. do Excelu pomocí tlačítka "Hodnoty do \*.xls" (číslo 5).



Obr. 2: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.

## Postup měření

1. Zapněte počítač a připojte se na internet. Experiment je umístěn na webové stránce <http://kdt-13.karlov.mff.cuni.cz/sterbina.html> (viz obr. 2).
2. Pokud by se na této webové stránce vyskytly chyby, vyzkoušejte tento experiment v jiném webovém prohlížeči a zkontrolujte, zda máte nainstalovány nejnovější verzi programu JAVA, která je zdarma dostupná např. na stránce <http://java.com/>.
3. Pokud je vše v pořádku lze přejít k měření. Nejprve se seznámte s ovládáním experimentu a proveďte jedno zkušební měření, kde se seznámíte s funkcemi jednotlivých tlačítek (širší x užší štěrbinu, červený x zelený laser, automatický posuv, začátek x konec záznamu hodnot apod.).
4. Z webové stránky si do tabulky opište hodnotu vzdálenosti štěrbinu od stínítka  $d$ , vlnovou délku červeného laseru  $\lambda_1$  a vlnovou délku zeleného laseru  $\lambda_2$ .

Tab. 1

	$d =$	mm		
červený laser	$\lambda_1 =$	nm	=	mm
zelený laser	$\lambda_2 =$	nm	=	mm

5. Nejprve zvolte užší štěrbinu a červený laser (pokud chcete naměřená data exportovat např. do Excelu a dále s nimi pracovat zmáčkněte tlačítko "Začátek záznamu hodnot").
6. Nyní zmáčkněte tlačítko "Automatický posuv" a sledujte, jak se vykresluje ohybový obrazec v grafu. Pokud by byl vykreslený obrazec málo zřetelný, nechte jej překreslit ještě jednou. Pokud jste v předchozím kroku zmáčkli tlačítko "Začátek záznamu hodnot", tak nyní zmáčkněte tlačítko "Konec záznamu hodnot", tlačítko "Hodnoty do \*.xls" vám umožní stáhnout si naměřené hodnoty do Excelu. Pokud vám stačí pouze graf na webové stránce, použijte klávesu "PrintScreen" (Prt Sc) a zkopírujte celou obrazovku. Klávesovou zkratkou "Ctrl+V" pak vložíte zkopírovaný obrázek např. do programu Malování.
7. Smažte graf na webové stránce, změňte laser na zelený (zelená laser je potřeba nechat chvíli svítit (cca 1min); rozsvěcuje se postupně) a celé měření opakujte. Stejně postupujte i pro širší štěrbinu.
8. Z důvodu přesnosti všechna měření ještě jednou zopakujte a výsledky si uložte. Celkově proměřte 8 grafů. 4 pro červený laser (2x s užší štěrbinou, 2x se širší štěrbinou) a 4 pro zelený laser.
9. Pro každý graf zvlášť určete šířku nultého maxima  $\Delta x$  a zapište si tuto hodnotu do tabulky. V grafu s ohybovým obrazcem odpovídá osa x souřadnicím (v mm; 1 "malý" dílek je 1 mm) a osa y odpovídá rozložení intenzity světla.

Tab. 2

	graf 1 červený užší š.	graf 2 červený užší š.	graf 3 červený širší š.	graf 4 červený širší š.	graf 5 zelený užší š.	graf 6 zelený užší š.	graf 7 zelený širší š.	graf 8 zelený širší š.
$\Delta x$ [mm]								

10. Z naměřených hodnot vypočítejte pomocí rovnice (3) šířku štěrbinu  $b$ . Při výpočtech si dejte pozor na použití správných jednotek a dostatečný počet desetinných míst!



**Tab. 3**

	graf 1 červený užší š.	graf 2 červený užší š.	graf 3 červený širší š.	graf 4 červený širší š.	graf 5 zelený užší š.	graf 6 zelený užší š.	graf 7 zelený širší š.	graf 8 zelený širší š.
$b$ [mm]								

11. Vypracujte protokol o měření, který má standardní části: Úvod, Teoretická část, Experimentální část (naměřená data, grafy, výpočty a tabulky), Závěr a Zhodnocení měření.

### Doplňující otázky

1. Jaký vliv má šířka štěrbin na ohybový obrazec?
2. Jaký zdroj světla byl v experimentu použit? Popište jeho vlastnosti.
3. Pro který laser (červený, zelený) pozorujeme větší intenzitu v nultém maximu (při stejné šířce štěrbin)?
4. Pokuste se provést podobný experiment v laboratoři nebo ve třídě. Jaké pomůcky budete k tomuto pokusu potřebovat?

### Použitá literatura

- [1] Lepil, O.: *Fyzika pro gymnázia. Optika*. Prometheus, Praha, 2002.
- [2] Reichl, J.: *Encyklopedie fyziky*. [on-line] [cit. 2010-7-30]. Dostupné z <http://fyzika.jreichl.com/>.
- [3] <http://www.ises.info/>. [on-line] [cit. 2010-7-30].
- [4] <http://kdt-13.karlov.mff.cuni.cz/sterbina.html>. [on-line] [cit. 2010-7-30].
- [5] Halliday, D., Resnick, R., Walker, J.: *Fyzika. Část 4. Elektromagnetické vlny – Optika – Relativita*. VUTIUM, Brno, 2006.

## Příloha č. 14

Řešení pro učitele SŠ – vzdáleně ovládaný experiment

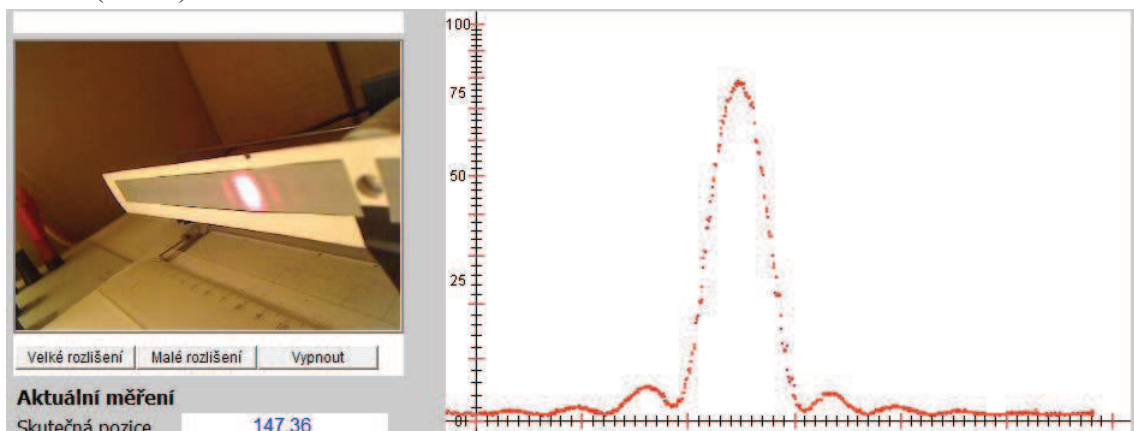
<b>Optika (SŠ)</b>	<b>Ohyb elektromagnetického záření na štěrbině</b>
--------------------	--

### Výsledky měření

Experiment se nachází na webové stránce

<http://kdt-13.karlov.mff.cuni.cz/sterbina.html>.

Po provedení postupu dle pracovního listu se na webové stránce zobrazí následující obrázek (obr. 1).



Obr. 1

### Příklad naměřených dat:

$$d = 2152 \text{ mm}, \lambda_{\zeta} = 632 \text{ nm}, \lambda_z = 532 \text{ nm}$$

- červený laser – užší štěrbiná: šířka 0tého maxima  $\Delta x = 12,0 \text{ mm} \Rightarrow b = 0,227 \text{ mm}$
- červený laser – širší štěrbiná: šířka 0tého maxima  $\Delta x = 10,5 \text{ mm} \Rightarrow b = 0,259 \text{ mm}$
- zelený laser – užší štěrbiná: šířka 0tého maxima  $\Delta x = 9,5 \text{ mm} \Rightarrow b = 0,241 \text{ mm}$
- zelený laser – širší štěrbiná: šířka 0tého maxima  $\Delta x = 8,0 \text{ mm} \Rightarrow b = 0,266 \text{ mm}$

Průměrná šířka štěrbiná z tohoto měření: užší štěrbiná **0,234 mm**, širší štěrbiná **0,263 mm**.

Pozn.:

- Rozdíly mezi užší a širší štěrbinou jsou velmi malé.
- Pro zelený laser vycházejí šířky užší a širší štěrbiná nepatrně větší než při použití červeného laseru.
- Největší nepřesnosti při měření vznikají z odečítání velikosti 0tého maxima z difrakčního obrazce.

## Příloha č. 15

### Pracovní list – vzdáleně ovládaný experiment

<b>Optika (SŠ)</b>	<b>Rychlost šíření světla</b>
--------------------	-------------------------------

#### Fyzikální princip

Do současné doby bylo k měření rychlosti světla použito více než sto různých metod a rychlost světla byla postupně zpřesňována až na současnou hodnotu. Rychlost světla ve vakuu je přesně

$$c = 299\,792\,458 \frac{\text{m}}{\text{s}}. \quad (1)$$

Při většině školních výpočtů si ovšem vystačíme s přibližnou hodnotou

$$c \approx 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}. \quad (2)$$

Prvním, kdo prokázal konečnou rychlost šíření světla, byl v roce 1675 dánský astronom Olaf Römer, který si všiml rozporu mezi předpovědí a pozorováním zákrytů Jupiterova měsíce Io. Rychlost světla byla určena na  $220\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ . Jeden z dalších experimentů prováděl v roce 1849 francouzský vědec Fizeau, který ke svému pokusu využil ozubené kolo se 720 zuby. Za kolem byl umístěn zdroj světla a 8 km před kolem zrcátko. Při určité frekvenci otáčení kola již světlo neprošlo zpět stejnou mezerou mezi dvěma zuby. Fizeau stanovil rychlost světla na  $313\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ . Další vědci (Michelson, Foucault apod.) se snažili stanovit co nejpřesnější hodnotu rychlosti světla. Po mnoha zpřesňování byla v roce 1983 stanovena přesná hodnota rychlosti světla ve vakuu ( $c = 299\,792\,458 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ).

#### Cíl

1. Seznámit se s vzdáleně ovládaným experimentem *Rychlost šíření světla*.
2. Experimentálně ověřit hodnotu rychlosti světla.
3. Seznámit se s historickými experimenty, které zpřesňovaly hodnotu rychlosti světla.
4. Vypracovat protokol o měření.

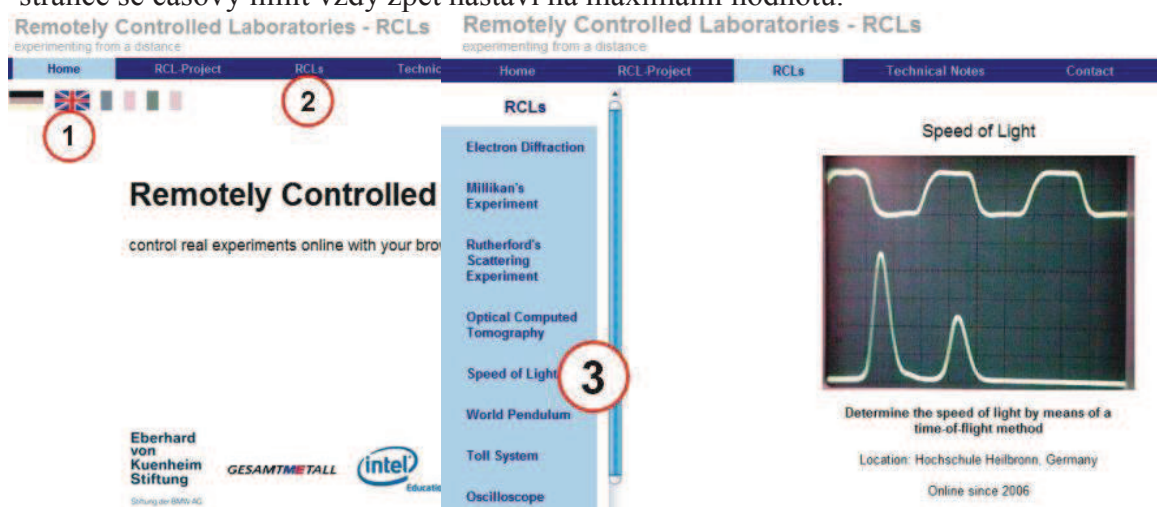
#### Pomůcky

Počítač s připojením na internet.

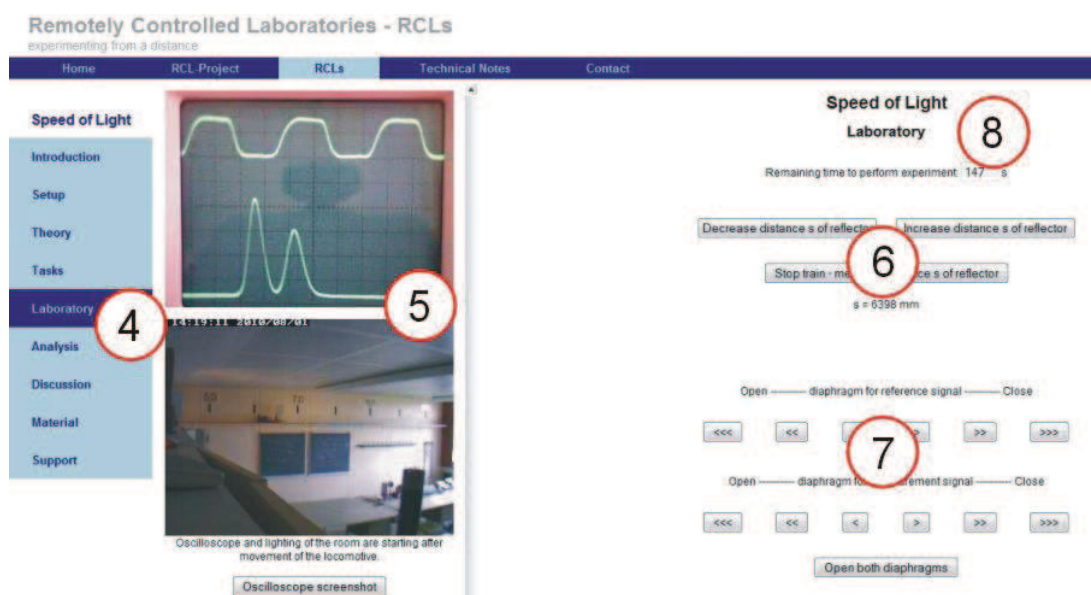
#### Schéma

Na webové stránce <http://rcl.physik.uni-kl.de/> (viz obr. 1) si nejprve vyberte jazykovou mutaci (nejlépe angličtinu; číslo 1) a poté klikněte na nápis "RCLs" v horní modré liště (číslo 2). Na další webové stránce se vám v levé části zobrazí seznam vzdáleně ovládaných experimentů. Klikněte na položku s názvem "Speed of Light" (číslo 3) a otevře se vám nová webová stránka s tímto experimentem (viz obr. 2). Na této stránce si můžete v levém modrém sloupci přečíst o tomto experimentu (teorie, úkoly, analýzy, sestava experimentu apod.). Pokud chcete přejít k měření, musíte kliknout na nápis "Laboratory" (číslo 4). V levé části obrazovky je obraz ze dvou webových kamer (číslo 5). Horní kamera zobrazuje obraz z osciloskopu, dolní kamera zobrazuje celkový pohled do laboratoře. V pravé části

webové stránky je možno nastavit vzdálenost zrcadla od zdroje světla (číslo 6) a upravovat další parametry mezi impulzy (číslo 7). V horní části stránky (číslo 8) se odpočítává čas, který ještě máte k provádění experimentu. Maximální čas je 150s. Při jakékoliv aktivitě na stránce se časový limit vždy zpět nastaví na maximální hodnotu.



Obr. 1: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.

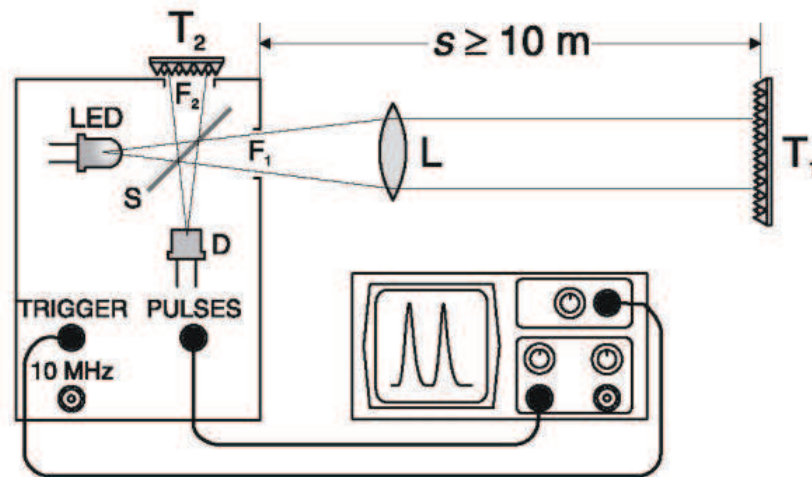


Obr. 2: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.

## Postup měření

1. Zapněte počítač a připojte se na internet. Experiment je na webové stránce <http://rcl.physik.uni-kl.de/> (viz obr. 1-2).
2. Pokud by se na této webové stránce vyskytly chyby, vyzkoušejte tento experiment v jiném webovém prohlížeči.
3. K vyhodnocení experimentu bude potřeba speciální program, který je schopen změřit vzdálenosti pixelů (bodů) na obrazovce počítače. Můžete zvolit např. program JR Screen Ruler, který lze stáhnout z webové adresy <http://www.spadixbd.com/freetools/jruler.htm>. Velikost tohoto programu zabírá pouze 494 kb a stáhnete jej za méně než 10 s. Program je zdarma.

4. Pokud je vše v pořádku lze přejít k měření. Nejprve se seznamte s ovládáním experimentu a proveďte jedno zkušební měření, kde se seznámíte s funkcemi jednotlivých tlačítek (Decrease distance  $s$  of reflector, Stop train apod.).
5. Na webové stránce, kde se experiment ovládá, klikněte buď na tlačítko "Decrease distance  $s$  of reflector" nebo na tlačítko "Increase distance  $s$  of reflector". Na dolní webové kameře uvidíte vozíček s upevněným zrcátkem, který se bude buď přibližovat, nebo oddalovat od zdroje světla. V libovolném okamžiku klikněte na tlačítko "Stop train". Vozíček se zastaví a pod tímto tlačítkem se zobrazí vzdálenost  $s$  mezi zrcadlem a zdrojem. Tuto hodnotu si zapište do tab. 1.
6. Na horním obrazu z webové kamery vidíte v horní části "kalibrační signál". Tento signál pomáhá k výpočtu periody měřeného paprsku mezi zrcadlem a zdrojem světla. Frekvence tohoto "kalibračního signálu" je **10 MHz**. V dolní části tohoto obrazu se nachází náš měřený signál. Tento signál se skládá ze dvou píků. Na obrázku jsou dva píky, protože se paprsek rozštěpí a odráží se od dvou různých zrcadel (viz obr. 4). Naším úkolem je právě změřit časové zpoždění mezi jednotlivými paprsky.



Obr. 4: Sestava experimentu, převzato z [4].

7. Pomocí "šipek", které jsou v pravém dolním rohu obrazovky (viz číslo 7 v obr. 2), upravte měřený signál s dvěma píky do podoby, aby výška těchto dvou píků byla stejná. Poté si otevřete stažený program JR Screen Ruler a změřte, jaké vzdálenosti na pravítku odpovídá perioda "kalibračního (horního) signálu". Poté pomocí tohoto pravítka změřte periodu spodního signálu, neboli změřte vzdálenost mezi maximy dvou píků. Naměřené hodnoty si zapisujte do tabulky 1 a dopočítejte (např. pomocí trojčlenky) periodu měřeného (spodního) signálu.
8. Rychlost světla vypočítejte ze známého vzorce  $c = \frac{2s}{t}$ , kde v čitateli je hodnota  $2s$ , protože paprsek musí urazit dráhu od zdroje světla k zrcadlu a zpět a čas  $t$  odpovídá jedné periodě měřeného (spodního) signálu.

**Tab. 1**

dráha $s$ [m]	$2s$ [m]	kalibrační (horní) signál			(spodní) signál		$c = \frac{2s}{t} \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$
		pixely [px]	frekvence $f$ [MHz]	perioda $T = \frac{1}{f}$ [s]	pixely [px]	perioda [s]	
			10				
			10				
			10				
			10				

9. Body 5-8 ještě 4krát zopakujte. Zvolte si jiné vzdálenosti zrcadla od zdroje světla. Výsledky měření zapisujte do tabulky. Celkem tedy budete mít vypočtenou hodnotu rychlosti světla pro 5 různých vzdáleností. Z těchto pěti výsledných hodnot vypočítejte průměrnou hodnotu rychlosti světla pro vaše měření.
10. Vypracujte protokol o měření, který má standardní části: Úvod, Teoretická část, Experimentální část (naměřená data, grafy, výpočty a tabulky), Závěr a Zhodnocení měření.

### Doplňující otázky

1. Jaká je rychlost světla ve vodě nebo ve skle? Podle jakého vztahu lze určit rychlost světla v různých prostředích?
2. Jaký je rozdíl mezi rychlostí světla ve vakuu a rychlostí světla ve vzduchu?
3. Popište jeden z prvních pokusů změřit rychlost světla, který v 17. století provedl Galileo Galilei? Proč byl tento pokus neúspěšný?
4. Jak dlouho trvá světelnému paprsku, než dorazí ze Slunce na povrch Země? Vypočítejte ze znalosti rychlosti světla a průměrné vzdálenosti mezi Zemí a Sluncem.
5. Pokuste se provést podobný experiment v laboratoři nebo ve třídě. Jaké pomůcky budete k tomuto pokusu potřebovat?

### Použitá literatura

- [1] Lepil, O.: *Fyzika pro gymnázia. Optika*. Prometheus Praha, 2002.
- [2] Reichl, J.: *Encyklopedie fyziky*. [on-line] [cit. 2010-11-10]. Dostupné z <http://fyzika.jreichl.com/>.
- [3] Kaizr, V.: *Měření rychlosti šíření světla*. [on-line] [cit. 2010-11-20]. ALDEBARAN BULLETIN. Dostupné z [http://www.aldebaran.cz/bulletin/2004\\_s1.html](http://www.aldebaran.cz/bulletin/2004_s1.html).
- [4] <http://rel.physik.uni-kl.de/>. [on-line] [cit. 2010-11-21].

## Příloha č. 16

### Řešení pro učitele SŠ – vzdáleně ovládaný experiment

<b>Optika (SŠ)</b>	<b>Rychlost šíření světla</b>
--------------------	-------------------------------

#### Výsledky měření

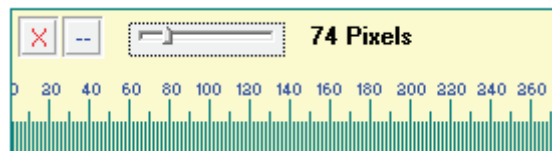
Experiment se nachází na webové stránce <http://rcl.physik.uni-kl.de/>.

Po provedení postupu dle pracovního listu se na webové stránce zobrazí následující obrázek (obr. 1).



Obr. 1

Při měření vzdálenosti period využijte např. program JR Screen Ruler (obr. 2), který lze stáhnout z adresy <http://www.spadixbd.com/freetools/jruler.htm>.



Obr. 2

Frekvence kalibračního (horního) signálu je:  $f = 10 \text{ MHz}$  (předem daná hodnota).

#### Příklad naměřených dat:

Vzdálenost dvou period u kalibračního signálu:  $217 \text{ pixelů}$  (2 periody pro větší přesnost měření).

Vzdálenost jedné periody spodního signálu:  $73 \text{ pixelů}$ .

Z těchto hodnot vychází, že perioda spodního signálu je:  $67,28 \cdot 10^{-9} \text{ s}$ .

Dráha mezi zdrojem a zrcadlem:  $s = 10,077 \text{ m} \Rightarrow 2s = 20,154 \text{ m}$ .

Rychlost šíření světla (ze vzorce  $c = \frac{2s}{t}$ ) v tomto případě vychází:

$$c = 2,996 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

## Příloha č. 17

### Pracovní list – vzdáleně ovládaný experiment

<b>Fyzika mikrosvěta (SŠ)</b>	<b>Fotoelektrický jev</b>
-------------------------------	---------------------------

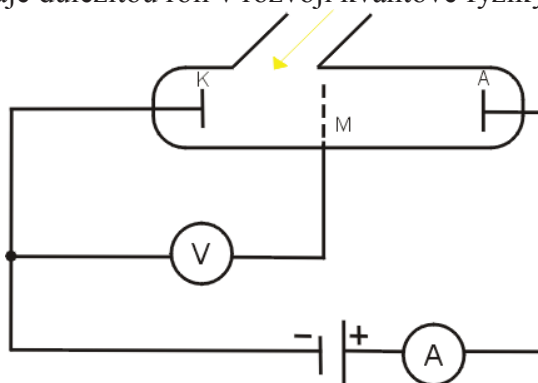
#### Fyzikální princip

Max Planck vyslovil hypotézu, že záření vydávané a pohlcované jednotlivými atomy zahřátého tělesa nemůže mít libovolnou energii, ale je vždy vydáváno a pohlcováno po malých "kouscích" energie, kvantech. Toto kvantum světla nazýváme foton. Má-li světelná vlna frekvenci  $f$ , pak platí:

$$E = h \cdot f, \quad (1)$$

kde  $E$  je energie fotonu a  $h$  je Planckova konstanta, která má hodnotu  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ .

Ozařujeme-li svazkem světla čistý kovový povrch, pak světlo uvolňuje z tohoto povrchu elektrony, které mohou vytvářet elektrický proud v obvodu. Tento jev se nazývá fotoefekt (fotoelektrický jev) a hraje důležitou roli v rozvoji kvantové fyziky.



Obr. 1: Zařízení pro studium fotoelektrického jevu.

Na obr. 1 je zobrazeno schéma zařízení pro studium fotoelektrického jevu. Světlo o frekvenci  $f$  dopadá na katodu (K) a uvolňuje z ní elektrony, které se pohybují směrem k anodě (A) a vytváří fotoelektrický proud  $I$  (fotoproud). Na mřížku (M) dodáváme záporné napětí  $U$ , které zpomaluje vyrážené elektrony. Napětí, při kterém fotoproud klesne na nulu, nazýváme brzdné napětí. Při tomto napětí jsou i elektrony emitované s nejvyšší energií zastaveny. Kinetická energie  $E_k$  těchto elektronů s nejvyšší energií je

$$E_k = e \cdot U, \quad (2)$$

kde  $e$  je elementární náboj ( $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ).

Při experimentech se ukázalo, že pro každý kov existuje určitá mezní (prahová) frekvence  $f_0$  taková, že elektrony se z kovu uvolňují pouze při ní a vyšších frekvencích. Jestliže je frekvence světla menší než mezní frekvence ( $f < f_0$ ), pak fotoelektrický jev nenastává. Při fotoelektrickém jevu předá každé kvantum záření svou energii  $hf$  vždy jednomu elektronu. Tato energie se využije jednak na uvolnění elektronu z kovu (vykonání výstupní práce  $W_v$ ) a také přejde v kinetickou energii elektronu. Einsteinova formulace fotoelektrického zákona tedy zní:

$$h \cdot f = E_k + W_v. \quad (3)$$



Mezní frekvence  $f_0$  (resp. mezní vlnová délka  $\lambda_0$ ) záření odpovídá uvolnění elektronu s nulovou kinetickou energií. Pro  $E_k = 0$  tedy dostáváme:

$$f_0 = \frac{W_v}{h}, \quad \lambda_0 = \frac{h \cdot c}{W_v}. \quad (4)$$

Přepíšeme-li rovnici (3) dosazením za  $E_k$  ze vztahu (2) dostáváme rovnici:

$$U = \frac{h}{e} f - \frac{W_v}{e}. \quad (5)$$

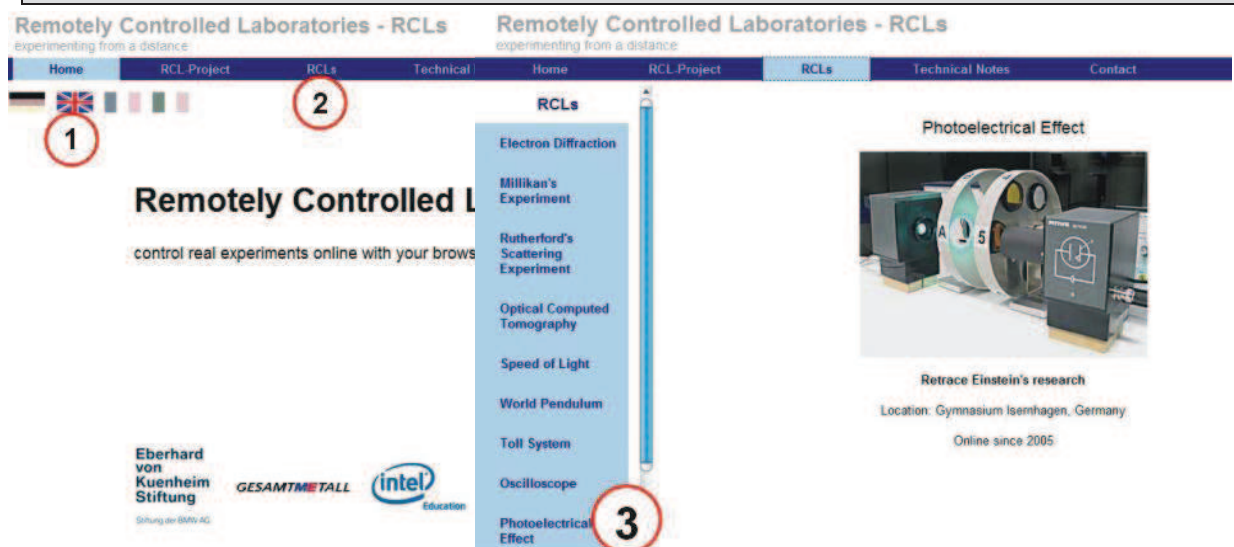
## Cíl

1. Seznámit se s vzdáleně ovládaným experimentem *Fotoelektrický jev*.
2. Vytvořit graf závislosti napětí  $U$  na frekvenci  $f$ .
3. Stanovit mezní frekvenci  $f_0$  a mezní vlnovou délku  $\lambda_0$  pro daný kov.
4. Vypočítat výstupní práci  $W_v$ .
5. Experimentálně ověřit hodnotu Planckovy konstanty  $h$ .
6. Stanovit závislost mezi napětím  $U$  a propustností filtru  $T$  pro různé vlnové délky  $\lambda$ .
7. Vypracovat protokol o měření.

## Pomůcky

Počítač s připojením na internet.

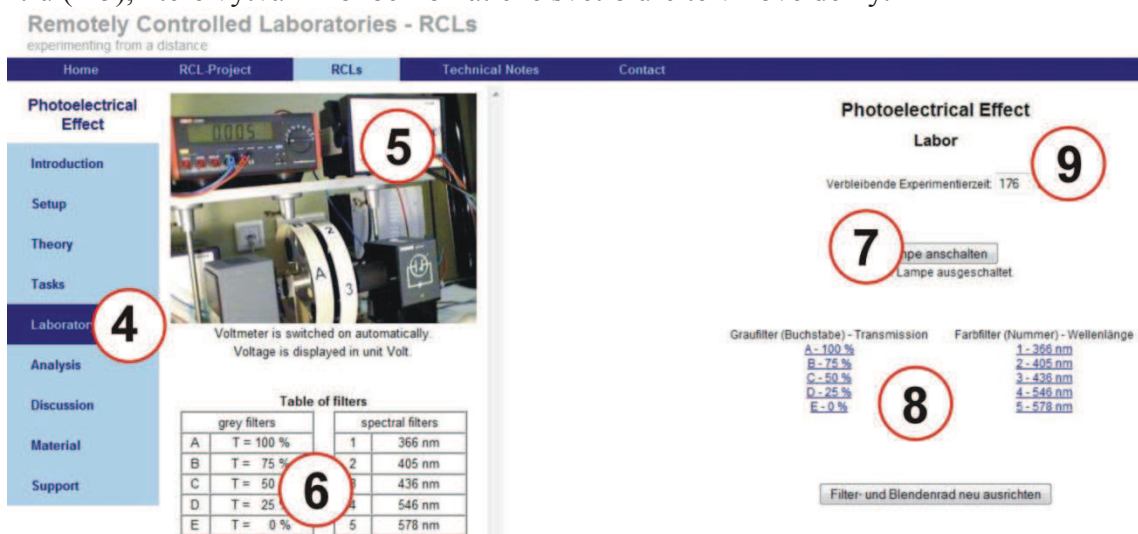
## Schéma



Obr. 2: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.

Na webové stránce <http://rcl.physik.uni-kl.de/> (viz obr. 2) si nejprve vyberte jazykovou mutaci (nejlépe angličtinu; číslo 1) a poté klikněte na nápis "RCLs" v horní modré liště (číslo 2). Na další webové stránce se vám v levé části zobrazí seznam vzdáleně ovládaných experimentů. Klikněte na položku s názvem "Photoelectrical Effect" číslo 3) a otevře se vám nová webová stránka s tímto experimentem (viz obr. 3). Na této webové stránce si můžete v levém modrém sloupci přečíst o tomto experimentu (teorie, úkoly, analýzy, sestava experimentu apod.). Pokud chcete přejít k měření, musíte kliknout na nápis "Laboratory" (číslo 4). V levé části obrazovky je obraz z webové kamery, který sleduje aktuální změny na experimentu (číslo 5), v dolní části je tabulka (číslo 6), která zobrazuje

jednak hodnotu šedých filtrů (A-E), které propouští různé intenzity světla a také seznam filtrů (1-5), které vytváří monochromatické světlo určité vlnové délky.



Obr. 3: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.

V pravé části webové stránky (viz obr. 3) se nachází tlačítko (číslo 7), kterým se zapíná světelný zdroj. V dolní části (číslo 8) si volíte různé filtry (A-E) a (1-5). V horní části stránky (číslo 9) se odpočítává čas, který ještě máte k provádění experimentu. Maximální čas je 180s. Při jakékoliv aktivitě na stránce se časový limit vždy zpět nastaví na maximální hodnotu.

## Postup měření

1. Zapněte počítač a připojte se na internet. Experiment je umístěn na webové stránce <http://rcl.physik.uni-kl.de/> (viz obr. 2-3).
2. Pokud by se na této webové stránce vyskytly chyby, vyzkoušejte tento experiment v jiném webovém prohlížeči.
3. Pokud je vše v pořádku lze přejít k měření. Nejprve se seznámte s ovládáním experimentu a proveďte jedno zkušební měření, kde se seznámíte s funkcemi jednotlivých tlačítek (Lampe anschalten, A – 100%, 1 – 366 nm apod.).
4. Z webové stránky si opište (do tab. 1) propustnost  $T$  pěti různých šedých filtrů a hodnoty pěti různých vlnových délek.

Tab. 1

Propustnost filtrů		Vlnová délka [nm]	
A	$T =$	1	
B	$T =$	2	
C	$T =$	3	
D	$T =$	4	
E	$T =$	5	

5. Klikněte na tlačítko „Lampe anschalten“ (Zapnout lampu). Nyní klikněte na filtr A (100 % propustnost). Pro tento filtr postupně vyzkoušejte všechny vlnové délky (1-5), vždy chvíli počkejte (max. 20s), než se údaj na multimetru ustálí a opište si hodnotu napětí do tab. 2. Až proměříte všech 5 různých vlnových délek pro propustnost A, změňte filtr s propustností např. na pozici B (75 %) a znovu proměříte 5 různých vlnových délek (1-5). Takto postupujte pro filtry (A-D, 100 % – 25 %). Filtr E (0 %) neproměřujte.

Tab. 2

Filtr	Vlnová délka $\lambda$	Frekvence $f$	Napětí $U$ [V] (na dvě desetinná místa)			
			T = 100 %	T = 75 %	T = 50 %	T = 25 %
1						
2						
3						
4						
5						

- Pro hodnoty z tabulky 2 vytvořte bodový graf závislosti napětí  $U$  na frekvenci  $f$ . Určete, o jakou závislost se jedná a graf proložte vhodnou křivkou (a spojnicí trendu), tak aby tato křivka protínala také základní osy  $x$  a  $y$  (tj. přímky  $y = 0$  a  $x = 0$ ).
- Z grafu určete frekvenci pro  $U = 0$  V, jedná se o mezní frekvenci  $f_0$ .
- Ze vzorce (5) lze odvodit, že pro  $f = 0$  Hz platí:  $U = -\frac{W_v}{e}$ . Odečtěte tedy z grafu hodnotu napětí  $U$  pro  $f = 0$  Hz a dopočítejte výstupní práci  $W_v$ .
- Jestliže znáte mezní frekvenci  $f_0$  a výstupní práci  $W_v$ , tak ze vzorce (4) dopočítejte hodnotu Planckovy konstanty  $h$ . Srovnajte váš výsledek s tabulkovou hodnotou.
- Vytvořte jeden společný graf závislosti napětí  $U$  na propustnosti filtru  $T$  pro všechny vlnové délky. Z grafu rozhodněte, jaký je vztah mezi měřeným napětím  $U$  a propustností filtru  $T$ .
- Vypracujte protokol o měření, který má standardní části: Úvod, Teoretická část, Experimentální část (naměřená data, grafy, výpočty a tabulky), Závěr a Zhodnocení měření.

### Doplňující otázky

- Jaké barvě (ve viditelném spektru) by odpovídala mezní frekvence  $f_0$  z tohoto měření?
- Na internetu vyhledejte a popište nějaké technické zařízení, které využívá fotoelektrický jev.
- Vysvětlete pojem „korpuskulárně vlnový dualismus“.
- Pokuste se provést podobný experiment v laboratoři nebo ve třídě. Jaké pomůcky budete k tomuto pokusu potřebovat?

### Použitá literatura

- [1] Štoll, I.: *Fyzika pro gymnázia. Fyzika mikrosvěta*. Prometheus, Praha, 2002.
- [2] Halliday, D., Resnick, R., Walker, J.: *Fyzika. Část 5. Moderní fyzika*. VUTIUM, Brno, 2006.
- [3] Reichl, J.: *Encyklopedie fyziky*. [on-line] [cit. 2010-8-11]. Dostupné z <http://fyzika.jreichl.com/>.
- [4] <http://rcl.physik.uni-kl.de/>. [on-line] [cit. 2011-4-8].

## Příloha č. 18

Řešení pro učitele SŠ – vzdáleně ovládaný experiment

<b>Fyzika mikrosvětla (SŠ)</b>	<b>Fotoelektrický jev</b>
------------------------------------	---------------------------

### Výsledky měření

Experiment se nachází na webové stránce <http://rcl.physik.uni-kl.de/>.

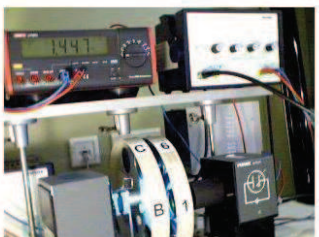
Po provedení postupu dle pracovního listu se na webové stránce zobrazí následující obrázek (obr. 1).

Remotely Controlled Laboratories - RCLs  
experimenting from a distance

Home RCL-Project RCLs Technical Notes Contact

**Photoelectrical Effect**

Introduction  
Setup  
Theory  
Tasks  
**Laboratory**  
Analysis  
Discussion  
Material  
Support



Voltmeter is switched on automatically.  
Voltage is displayed in unit Volt.

**Table of filters**

grey filters		spectral filters	
A	T = 100 %	1	366 nm
B	T = 75 %	2	405 nm
C	T = 50 %	3	436 nm
D	T = 25 %	4	546 nm
E	T = 0 %	5	578 nm

**Photoelectrical Effect Labor**

Verbleibende Experimentierzeit: 168 s

Lampe anschalten  
Status: Lampe eingeschaltet

Graufilter (Buchstabe) - Transmission      Farfilter (Nummer) - Wellenlänge

A - 100 %	1 - 366 nm
B - 75 %	2 - 405 nm
C - 50 %	3 - 436 nm
D - 25 %	4 - 546 nm
E - 0 %	5 - 578 nm

Filter- und Blendenrad neu ausrichten

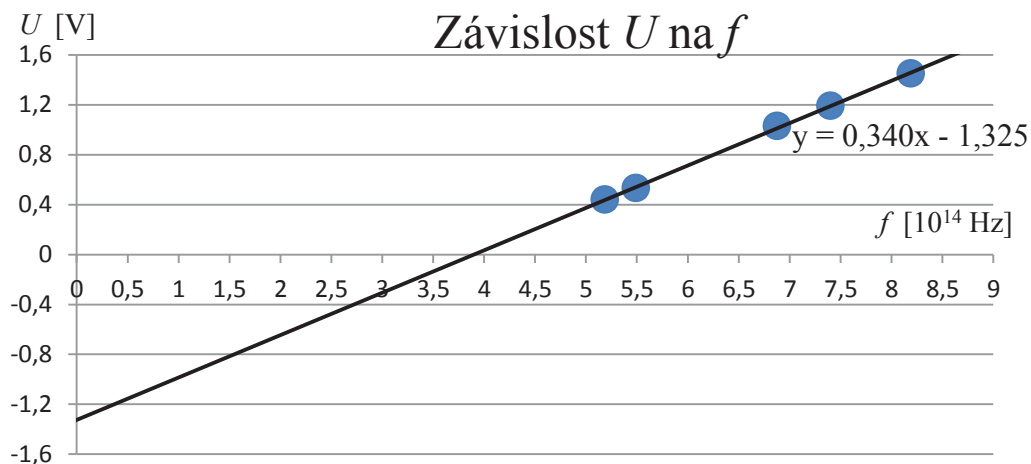
Obr. 1

Vyplněná tabulka 2 z pracovního listu:

Tab. 1

Filtr	Vlnová délka $\lambda$	Frekvence $f$	Napětí $U$ [V] (na dvě desetinná místa)			
			T = 100 %	T = 75 %	T = 50 %	T = 25 %
1	366 nm	$8,191 \cdot 10^{14}$ Hz	1,45	1,45	1,44	1,43
2	405 nm	$7,402 \cdot 10^{14}$ Hz	1,19	1,19	1,18	1,17
3	436 nm	$6,876 \cdot 10^{14}$ Hz	1,03	1,03	1,03	1,03
4	546 nm	$5,491 \cdot 10^{14}$ Hz	0,53	0,53	0,53	0,54
5	578 nm	$5,187 \cdot 10^{14}$ Hz	0,44	0,44	0,45	0,49

Z naměřených hodnot sestrojíme nejprve bodový graf závislosti napětí  $U$  na frekvenci  $f$  a tento graf proložíme lineární přímkou (resp. spojnicí trendu).



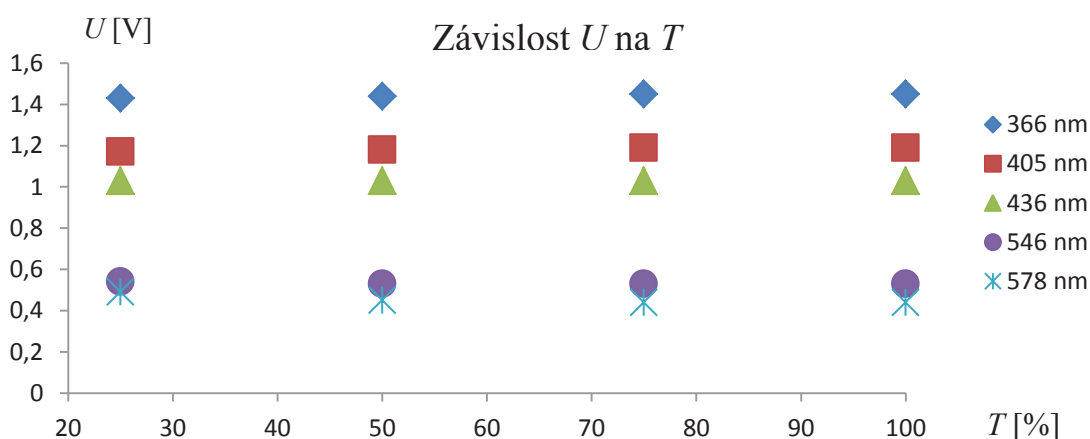
**Graf 1**

Body v grafu jsou proloženy lineární funkcí (spojnicí trendu), která má rovnici  $y = 0,340x - 1,325$ .

Pro  $U = 0$ , lze rovnici přepsat do tvaru  $0 = 0,340x - 1,325$  a hodnota mezní frekvence je tedy:  $f_0 = 3,897 \cdot 10^{14}$  Hz a  $\lambda_0 = 769$  nm.

Pro  $f = 0$ , lze rovnici přepsat do tvaru  $y = -1,325$  a hodnota napětí je tedy  $U = -1,325$  V. Z rovnice  $U = -\frac{W_v}{e}$  (viz pracovní list) vypočítáme hodnotu výstupní práce  $W_v = 1,325$  eV =  $2,12 \cdot 10^{-19}$  J.

Pokud známe hodnotu mezní frekvence  $f_0$  a výstupní práce  $W_v$  můžeme ze vzorce  $f_0 = \frac{W_v}{h}$  vypočítat Planckovu konstantu:  $h = 5,44 \cdot 10^{-34}$  J · s. (Nejedná se o přesnou hodnotu Planckovy konstanty, ale pro toto měření lze výsledek považovat za dostačující.)



**Graf 2**

Z tabulky 1 i grafu 2 lze odečíst, že hodnota měřeného napětí není ovlivněna propustností filtrů (pro danou vlnovou délku).

## Příloha č. 19

### Pracovní list – vzdáleně ovládaný experiment

<b>Fyzika mikrosvětla (SŠ)</b>	<b>Pozorování elektronové difrakce</b>
------------------------------------	--

#### Fyzikální princip

V roce 1924 vyslovil francouzský fyzik LOUIS DE BROGLIE hypotézu, že také částice o nenulové klidové hmotnosti (elektrony, atomová jádra, atomy ap.) projevují vlnové vlastnosti. Podle de Broglieovy hypotézy pro částice o nenulové klidové hmotnosti platí následující vztahy:

$$f = \frac{E}{h} = \frac{m c^2}{h}, \quad (1)$$

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m v}, \quad (2)$$

kde  $E$  je energie,  $f$  frekvence,  $\lambda$  vlnová délka,  $p$  hybnost,  $m$  klidová hmotnost a  $v$  rychlost částice,  $c$  je rychlost světla a  $h$  Planckova konstanta ( $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ).

Jedním z prvních experimentů, který ověřil tuto hypotézu, byl Davissonův-Germerův pokus, při kterém dopadal svazek elektronů urychlený napětím na monokrystal niklu. Rozptýlené elektrony byly registrovány v závislosti na úhlu rozptylu  $\phi$  a na stínítku byla pozorována interferenční maxima. Vztah mezi vzdáleností atomů v krystalu (mřížková konstanta  $b$ ), vlnovou délkou  $\lambda$  a úhlem rozptylu  $\phi$  je dán podmínkou:

$$2 b \sin\phi = n \lambda, \quad (3)$$

kde  $n = 0, 1, \dots$  je řád difrakce.

V elektrickém poli o urychlovacím napětí  $U$  získají elektrony kinetickou energii a rychlost:

$$E_k = \frac{1}{2} m_e v^2 = e U \quad (4) \quad \Rightarrow$$

$$v = \sqrt{\frac{2 e U}{m_e}}, \quad (5)$$

kde  $m_e$  je klidová hmotnost elektronu a  $e$  je hodnota elementárního náboje. Přepíšeme-li rovnici (2) dosazením za  $v$  ze vztahu (5) dostáváme vztah pro vlnovou délku de Broglieovy vlny:

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2 e m_e U}}. \quad (6)$$

#### Cíl

1. Seznámit se s vzdáleně ovládaným experimentem *Pozorování elektronové difrakce*.
2. Experimentálně ověřit de Broglieovu hypotézu, že elektrony projevují vlnové vlastnosti.
3. Experimentálně a teoreticky vypočítat vlnovou délku rozptýlených elektronů.
4. Vypracovat protokol o měření.

## Pomůcky

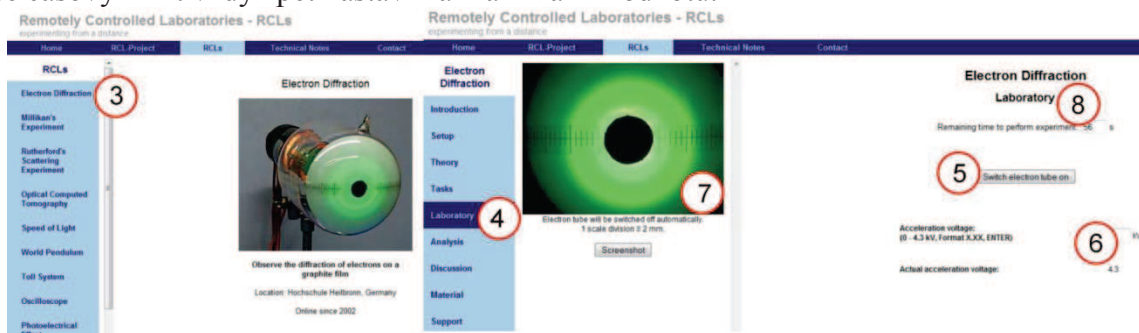
Počítač s připojením na internet.

## Schéma



Obr. 1: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.

Na webové stránce <http://rcl.physik.uni-kl.de/> (viz obr. 1) si nejprve vyberte jazykovou mutaci (nejlépe angličtinu, viz číslo 1) a poté klikněte na nápis "RCLs" v horní modré liště (viz číslo 2). Na další webové stránce (viz obr. 2) se vám v levé části zobrazí seznam vzdáleně ovládaných experimentů. Klikněte na položku s názvem "Electron Diffraction" (viz číslo 3) a otevře se vám nová webová stránka s tímto experimentem. Zde si můžete v levém modrém sloupci přečíst o tomto experimentu (teorie, úkoly, analýzy, sestava experimentu apod.). Pokud chcete přejít k měření, musíte kliknout na nápis "Laboratory" (číslo 4). Při ovládání experimentu nejprve klikněte na nápis "Switch electron tube on" (číslo 5) a nastavte hodnotu napětí v rozmezí 0 až 4,3 kV (číslo 6). V levé části obrazovky je obraz z webové kamery, který sleduje aktuální změny na experimentu (číslo 7) a na práci s tímto experimentem je vyhrazen čas 60s (číslo 8). Při jakékoliv aktivitě na stránce se časový limit vždy zpět nastaví na maximální hodnotu.



Obr. 2: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.

## Postup měření

1. Jedná se o vzdáleně (přes internet) ovládaný experiment, je tedy potřeba zapnout počítač a připojit se na internet. Experiment je umístěn na stránce <http://rcl.physik.uni-kl.de/> (viz obr. 1-2).
2. Pokud by se na této webové stránce vyskytly chyby, vyzkoušejte tento experiment v jiném webovém prohlížeči.
3. K vyhodnocení experimentu bude potřeba speciální program, který je schopen změřit vzdálenosti pixelů (bodů) na obrazovce počítače. Můžete zvolit např. program JR Screen Ruler Pro, který lze stáhnout z adresy <http://www.spadixbd.com/freetools/jruler.htm>. Tento program stáhnete do svého počítače za méně než 10 s. Program je zdarma.
4. Pokud je vše v pořádku lze přejít k měření. Nejprve se seznámte s ovládáním experimentu a proveďte jedno zkušební měření, kde se seznámíte s funkcemi jednotlivých tlačítek.
5. Na webové stránce, kde se experiment ovládá, klikněte na tlačítko "Switch electron tube on" a poté zadejte hodnotu napětí (v rozsahu 0 až 4,3 kV), kterým se urychlují dopadající elektrony. Zadanou hodnotu potvrďte klávesou ENTER. Zadanou hodnotu napětí  $U$  si poznamenejte.

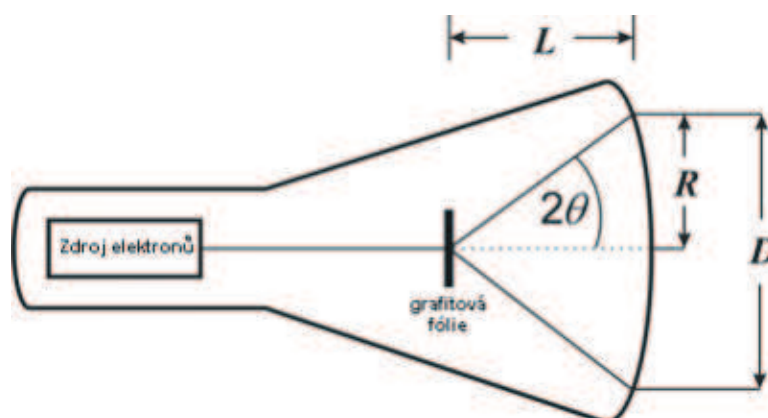
Tab. 1

zadaná hodnota napětí  $U =$

6. Nyní se podívejte na obraz z webové kamery. Na fluorescenčním stínítku jsou zobrazeny interferenční kroužky (kroužky jsou mírně rozmazané, protože elektrony emitované z katody nevylétávají zcela stejnou rychlostí). Pomocí např. programu JR Screen Ruler Pro určete průměr vnějšího světlého kroužku (na obrazovce je zobrazeno měřítko, kde vzdálenost mezi dvěma malými dílky je rovna 2mm a vzdálenost mezi většími značkami na pravítku odpovídá 1cm). Měření proveďte třikrát (pro stejný difrakční obrazec) a hodnoty запиšte do tab. 2.

Tab. 2

průměr (vnějšího) maxima $D_1$ [mm]			
poloměr (vnějšího) maxima $R_1 = \frac{D_1}{2}$ [mm]			
aritmetický průměr $R_1$ [mm]			



Obr. 3: Urychlené elektrony difraktují na tenké grafitové fólii a vytvářejí na fluorescenčním stínítku interferenční kroužky, převzato ze [4].

7. Z obr. 3 platí vztah:

$$\operatorname{tg}(2\phi) = \frac{R}{L}, \quad (7)$$



kde  $L = 135 \text{ mm}$  je vzdálenost mezi vzorkem grafitu a fluorescenčním stínítkem. Z tohoto vztahu vypočítejte úhel rozptylu  $\phi$ .

8. Nyní můžete (z experimentálně naměřených hodnot) vypočítat vlnovou délku  $\lambda$  elektronu ze vztahu (3), kde mřížková konstanta grafitu  $b = 0,123 \text{ nm}$  a řád difrakce  $n = 1$ .

Tab. 3

experimentálně změřená vlnová délka elektronu  $\lambda =$

9. Z de Broglieovy hypotézy lze vypočítat (dle teorie) vlnová délka  $\lambda$  elektronu. Dosazením hodnot do vztahu (6) vypočítejte vlnovou délku elektronu  $\lambda$  ( $e$  a  $m_e$  si vyhledejte v Matematicko-fyzikálních tabulkách a hodnotu  $U$  dosaďte z tab. 1). Srovnejte výsledky z tab. 3 a tab. 4.

Tab. 4

dle teorie vypočítaná vlnová délka elektronu  $\lambda =$

10. Body 5-9 tohoto postupu ještě jednou zopakujte pro jinou hodnotu napětí  $U$ .  
11. Vypracujte protokol o měření, který má standardní části: Úvod, Teoretická část, Experimentální část (naměřená data, grafy, výpočty a tabulky), Závěr a Zhodnocení měření.

### Doplňující otázky

1. Z jakých základních částí se skládají a na jakém principu fungují elektronky?
2. Na jakém principu funguje klasická televizní obrazovka, LCD obrazovka a plazmová obrazovka?
3. Pokuste se provést podobný experiment v laboratoři nebo ve třídě. Jaké pomůcky budete k tomuto pokusu potřebovat?

### Použitá literatura

- [1] Štoll, I.: *Fyzika pro gymnázia. Fyzika mikrosvěta*. Prometheus, Praha, 2002.
- [2] Halliday, D., Resnick, R., Walker, J.: *Fyzika. Část 5. Moderní fyzika*. VUTIUM, Brno, 2006.
- [3] Reichl, J.: *Encyklopedie fyziky*. [on-line] [cit. 2010-8-16]. Dostupné z <http://fyzika.jreichl.com/>.
- [4] <http://rcl.physik.uni-kl.de/>. [on-line] [cit. 2010-8-16].

## Příloha č. 20

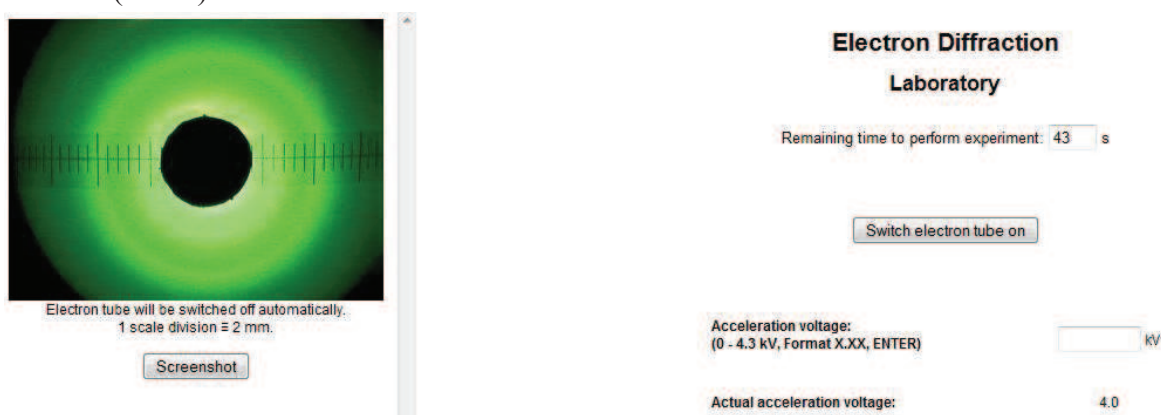
Řešení pro učitele SŠ – vzdáleně ovládaný experiment

<b>Fyzika mikrosvěta (SŠ)</b>	<b>Pozorování elektronové difrakce</b>
-----------------------------------	--

### Výsledky měření

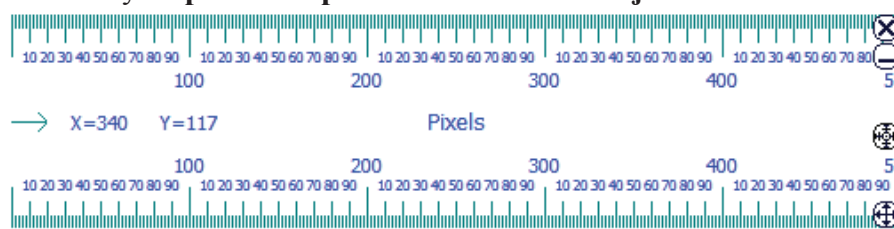
Experiment se nachází na webové stránce <http://rcl.physik.uni-kl.de/>.

Po provedení postupu dle pracovního listu se na webové stránce zobrazí následující obrázek (obr. 1).



Obr. 1

Pro určení difrakčních maxim využijte např. program JR Screen Ruler Pro (obr. 2), který lze stáhnout z adresy <http://www.spadixbd.com/freetools/jruler.htm>.



Obr. 2

### Příklad naměřených dat:

stanovené napětí  $U = 4,0 \text{ kV}$

- 2 cm na pravítku na obrazovce odpovídají 95px na pravítku z programu JR Screen Ruler Pro
- průměr 1. difrakčního maxima  $D_1$  odpovídá 212 px
- $\Rightarrow D_1 = 44,6316 \text{ mm} \Rightarrow R_1 = 22,32 \text{ mm}$

dosadíme-li hodnoty do vzorce (7) viz pracovní list, kde  $L = 135 \text{ mm}$ , tak dostáváme:

$$\operatorname{tg}(2\phi) = \frac{22,32 \text{ mm}}{135 \text{ mm}} \Rightarrow$$

$$2\phi = 9,388^\circ \Rightarrow \phi = \mathbf{4,694^\circ}$$

dosazením do vztahu (3) viz pracovní list, kde mřížková konstanta  $b = 0,123 \text{ nm}$ , dostáváme experimentálně změřenou hodnotu vlnové délky elektronu:

$$2b \sin\phi = n\lambda$$

$$2 \cdot 0,123 \text{ nm} \cdot \sin 4,694^\circ = \lambda$$

$$\lambda = \mathbf{2,01 \cdot 10^{-11} \text{ m}}$$

vlnovou délku elektronu lze (dle teorie) vypočítat i ze vzorce (6) dle pracovní list:

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2em_eU}}$$

$$\lambda = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}}{\sqrt{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 4000 \text{ V}}}$$

$$\lambda = \mathbf{1,93 \cdot 10^{-11} \text{ m}}$$

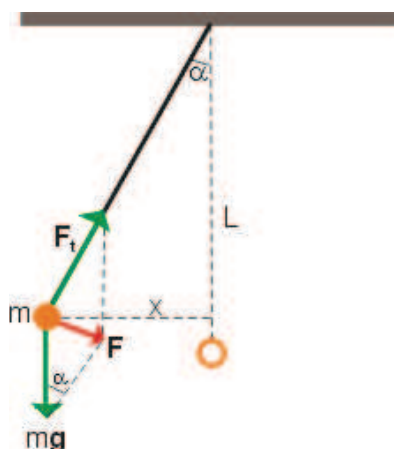
## Příloha č. 21

### Pracovní list – vzdáleně ovládaný experiment

<b>Mechanické kmitání (SŠ)</b>	<b>Matematické kyvadlo v Trnavě</b>
--------------------------------	-------------------------------------

#### Fyzikální princip

Matematickým kyvadlem rozumíme abstraktní model mechanického oscilátoru, kde je malé těleso hmotnosti  $m$  zavěšeno na pevném vlákně zanedbatelné hmotnosti a konstantní délky  $L$  (viz obr. 1).



Obr. 1: Matematické kyvadlo.

Při výpočtu se omezíme pouze na malé výchylky, abychom mohli oblouk, po kterém se kulička pohybuje (viz obr. 1), považovat za úsečku. Pro výchylku  $\alpha \leq 5^\circ$  platí, že výraz  $\sin \alpha$  je přibližně roven úhlu  $\alpha$ , vyjádřenému v radiánech ( $\sin \alpha \cong \alpha$ ). (Např. pro  $\alpha = 5^\circ$ , tj. pro  $\alpha = 0,0873$  rad, dostaneme  $\sin \alpha = 0,0872$ .) Příčinou kmitavého pohybu matematického kyvadla je síla  $F$ , která je výslednicí tíhové síly  $mg$  a tahové síly  $F_t$ , kterou působí vlákno závěsu na těleso. Síla  $F$  působí proti výchylce kuličky a snaží se ji vrátit do rovnovážné polohy ( $\alpha = 0$ ). Pro sílu  $F$  (viz obr. 1) platí:

$$F = -m g \sin \alpha = -m g \frac{x}{L}, \quad (1)$$

kde záporné znaménko upozorňuje, že síla působí proti výchylce.

Srovnáme-li vztah (1) s pohybovou rovnicí harmonického kmitání

$$F = -m \omega^2 x, \quad (2)$$

kde  $\omega$  je úhlová frekvence pohybu, pak dostáváme vztah pro úhlovou frekvenci  $\omega_0$  vlastního kmitání matematického kyvadla

$$F = -m \omega^2 x = -m g \frac{x}{L} \Rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{L}{g}}. \quad (3)$$

Pro periodu  $T_0$  a frekvenci  $f_0$  vlastního kmitání matematického kyvadla platí:

$$T_0 = 2 \pi \sqrt{\frac{L}{g}}, \quad (4)$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}}. \quad (5)$$

Ze vztahu (4) vidíme, že perioda kmitání matematického kyvadla nezávisí na hmotnosti tělesa ani na výchylce z rovnovážné polohy. Pro tíhové zrychlení  $g$  platí tedy vztah:

$$g = \frac{4\pi^2 L}{T_0^2}. \quad (6)$$

## Cíl

1. Seznámit se s vzdáleně ovládaným experimentem *Matematické kyvadlo v Trnavě*.
2. Ze vztahu (6) vypočítat tíhové zrychlení  $g$  pro dané místo měření.
3. Seznámit se resp. zopakovat si vlastnosti tíhového zrychlení  $g$  vzhledem k zeměpisné šířce a nadmořské výšce.
4. Vypracovat protokol o měření.

## Pomůcky

Počítač s připojením na internet.

## Schéma



Obr. 2: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.

Na webové stránce <http://remotelab5.truni.sk/sk.html> (viz obr. 2) si nejprve zvolíte výchylku kyvadla v rozmezí 1 až 20 cm (číslo 1). Poté kliknete na zelené tlačítko Štart (číslo 2). V apletu (číslo 3) můžete sledovat harmonický průběh průchodu kyvadla optickou závorou. V levé části stránky (číslo 4) je obraz z webové kamery, která zobrazuje aktuální změny na experimentu. V okamžiku, kdy chcete ukončit měření, kliknete na tlačítko Stop (číslo 5). Ve spodní části stránky můžete naměřená data stáhnout v číselné podobě např. do Excelu, a to kliknutím na tlačítko „Výstupné údaje (Excel)“.

## Postup měření

1. Zapněte počítač a připojte se na internet. Experiment je umístěn na webové stránce <http://remotelab5.truni.sk/sk.html> (obr. 2).
2. Pokud by se na této webové stránce vyskytly chyby, vyzkoušejte tento experiment v jiném webovém prohlížeči.
3. Pokud je vše v pořádku lze přejít k měření. Nejprve se seznamte s ovládáním experimentu a proveďte jedno zkušební měření, kde se seznámíte s funkcemi jednotlivých tlačítek (Štart, Stop apod.).
4. Nejprve nastavte počáteční výchylku kyvadla (1 až 20 cm) a poté klikněte na zelené tlačítko *Štart*. Délka kyvadla  $L$  je **2,07 m** (dopočítejte jaký je počáteční úhel vychýlení  $\alpha$  mat. kyvadla). Po několika kmitech klikněte na tlačítko *Stop*. Poté klikněte na tlačítko *Výstupné údaje (Excel)* a exportujte číselné hodnoty do Excelu a vytvořte z nich graf. Z tohoto grafu určete periodu kmitavého pohybu  $T$  a všechny údaje si zapište do tab. 1. Poté zvolte jinou počáteční výchylku a celý postup opakujte ještě 4krát.

Tab. 1 – délka kyvadla  $L = 2,07$  m

Výchylka kyvadla		Perioda	$g \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$
$y =$	$\alpha =$	$T =$	
$y =$	$\alpha =$	$T =$	
$y =$	$\alpha =$	$T =$	
$y =$	$\alpha =$	$T =$	
$y =$	$\alpha =$	$T =$	

5. Hodnoty z tab. 1 dosadíte do vzorce (6) a vypočítejte tíhové zrychlení pro dané místo.
6. Vypracujte protokol o měření, který má standardní části: Úvod, Teoretická část, Experimentální část (naměřená data, grafy, výpočty a tabulky), Závěr a Zhodnocení měření.

## Doplňující otázky

1. Popište změny tíhového zrychlení na Zemi a vysvětlete pojem normálové tíhové zrychlení. Jak se mění tíhové zrychlení v různých zeměpisných šířkách a jaký vliv má na hodnotu tíhového zrychlení nadmořská výška? Jaká je hodnota tíhového zrychlení  $g$  na rovníku a jaká na pólu?
2. Srovnejte experiment se vzdáleným experimentem na webové stránce <http://www.ictphysics.upol.cz/remotelab/>, diskutujte o naměřených hodnotách tíhového zrychlení.
3. Určete frekvenci kmitavého pohybu pro naměřené periody z tohoto experimentu.
4. Diskutujte, zda lze použít vzorec (6) i pro největší výkmit mat. kyvadla v tomto experimentu (tedy pro 20 cm).
5. Pokuste se provést podobný experiment v laboratoři nebo ve třídě. Jaké pomůcky budete k tomuto pokusu potřebovat?

## Použitá literatura

- [1] Lepil, O.: *Fyzika pro gymnázia. Mechanické kmitání a vlnění*. Prometheus Praha, 2001.
- [2] Halliday, D., Resnick, R., Walker, J.: *Fyzika. Část 2. Mechanika – Termodynamika*. VUTIUM, Brno, 2006.
- [3] Reichl, J.: *Encyklopedie fyziky*. [on-line] [cit. 2010-7-27]. Dostupné z <http://fyzika.jreichl.com/>.
- [4] <http://remotelab5.truni.sk/sk.html> [on-line] [cit. 2011-7-27].

## Příloha č. 22

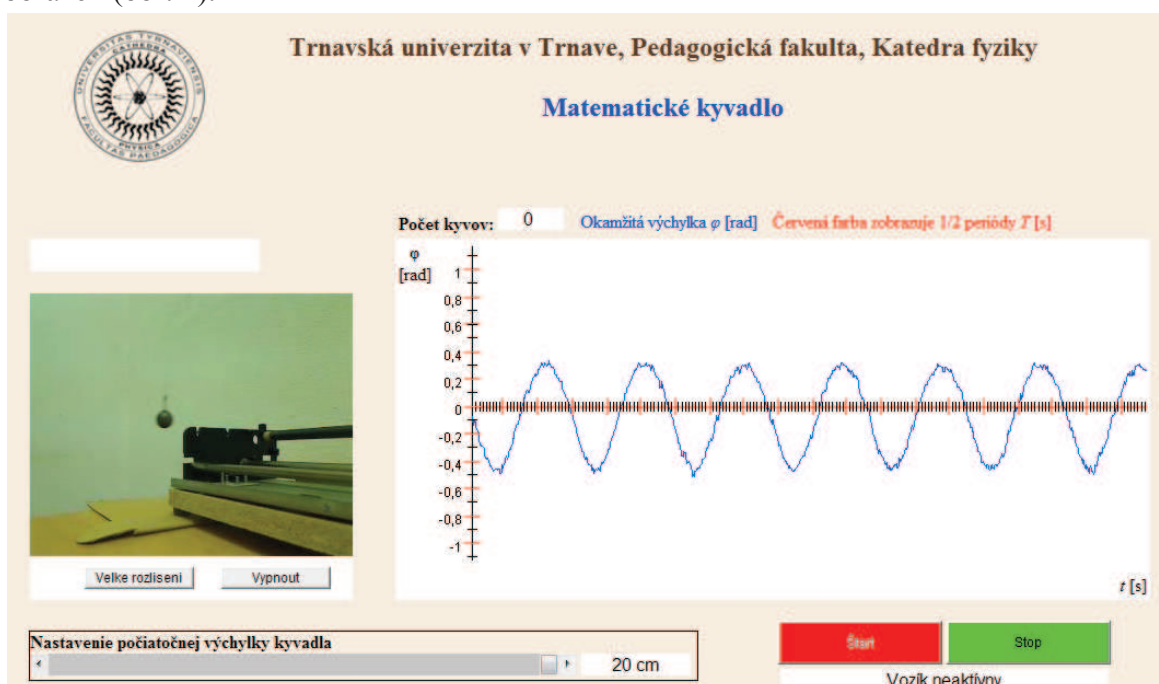
Řešení pro učitele SŠ – vzdáleně ovládaný experiment

<b>Mechanické kmitání (SŠ)</b>	<b>Matematické kyvadlo v Trnavě</b>
--------------------------------	-------------------------------------

### Výsledky měření

Experiment se nachází na webové stránce <http://remotelab5.truni.sk/sk.html>.

Po provedení postupu dle pracovního listu se na webové stránce zobrazí následující obrázek (obr. 1).



Obr. 1

**Příklad naměřených dat:**

- délka kyvadla  $L = 2,07$  m

Tab. 1

Výchylka kyvadla		Perioda	$g \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$
$y = 20$ cm	$\alpha = 5^\circ 31'$	$T \cong 2,883$ s	9,832
$y = 15$ cm	$\alpha = 4^\circ 8'$	$T \cong 2,894$ s	9,757
$y = 10$ cm	$\alpha = 2^\circ 45'$	$T \cong 2,894$ s	9,757

Dosazením do vztahu  $g = \frac{4\pi^2 L}{T_0^2}$  získáme hodnotu tíhového zrychlení  $g$  (viz poslední sloupec tab. 1).

## Příloha č. 23

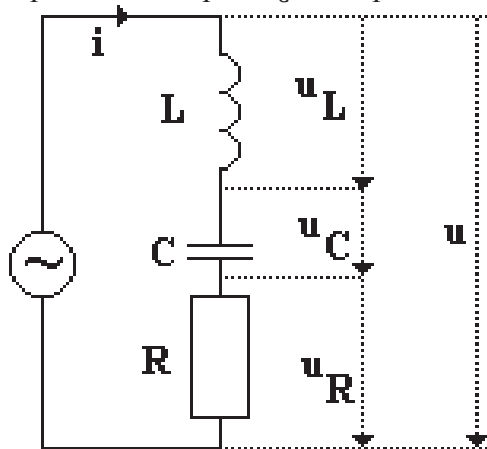
### Pracovní list – vzdáleně ovládaný experiment

#### Střídavý proud (SŠ)

#### Sériový obvod $RLC$

#### Fyzikální princip

Obvod střídavého proudu může mít současně odpor, indukčnost i kapacitu. Pokud jsou tyto prvky v sérii, nazýváme tento složený obvod střídavého proudu jako obvod s  $RLC$  v sérii. Schéma takového obvodu je na obr. 1. Prvky obvodu prochází stejný proud, ale napětí na jednotlivých prvcích se liší, jak hodnotou, tak vzájemnou fází. Napětí  $u_R$  má stejnou fázi jako proud, napětí  $u_L$  proud předbíhá a napětí  $u_C$  se za proudem zpožďuje.



Obr. 1: Schéma sériového  $RLC$  obvodu, převzato z [3].

Odpor  $R$  rezistoru v obvodu střídavého proudu je stejný jako v obvodu stejnosměrného proudu a nazývá se rezistance. Lze tedy vypočítat dle vzorce:

$$R = \frac{U_R}{I}, \quad (1)$$

kde  $U_R$  a  $I$  jsou efektivní hodnoty napětí a proudu. Cívka se ve střídavém obvodu chová jako prvek s odporem a definujeme pro ni veličinu  $X_L$ , která se nazývá indukčnost a platí pro ni vztah:

$$X_L = \omega L, \quad (2)$$

kde  $L$  je indukčnost cívky a  $\omega$  úhlová frekvence střídavého obvodu. Opačné účinky než cívka má v obvodu střídavého proudu kondenzátor s kapacitou  $C$ . Podíl napětí a proudu v tomto případě nazýváme kapacitance  $X_C$  a platí vztah:

$$X_C = \frac{1}{\omega C}. \quad (3)$$

Pro proud procházející sériovým obvodem s  $RLC$  prvky platí vztah:

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}. \quad (4)$$

Zvláštní případ nastává u obvodu s  $RLC$  v sérii, je-li při dané frekvenci indukčnost stejně velká jako kapacitance ( $X_L = X_C$ ). Tento případ označujeme jako rezonance střídavého obvodu a rezonanční frekvenci  $f_0$  určíme ze vztahu:



$$\omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} \quad \Rightarrow$$

$$\omega_0^2 = \frac{1}{LC} \quad (5) \quad \Rightarrow$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}. \quad (6)$$

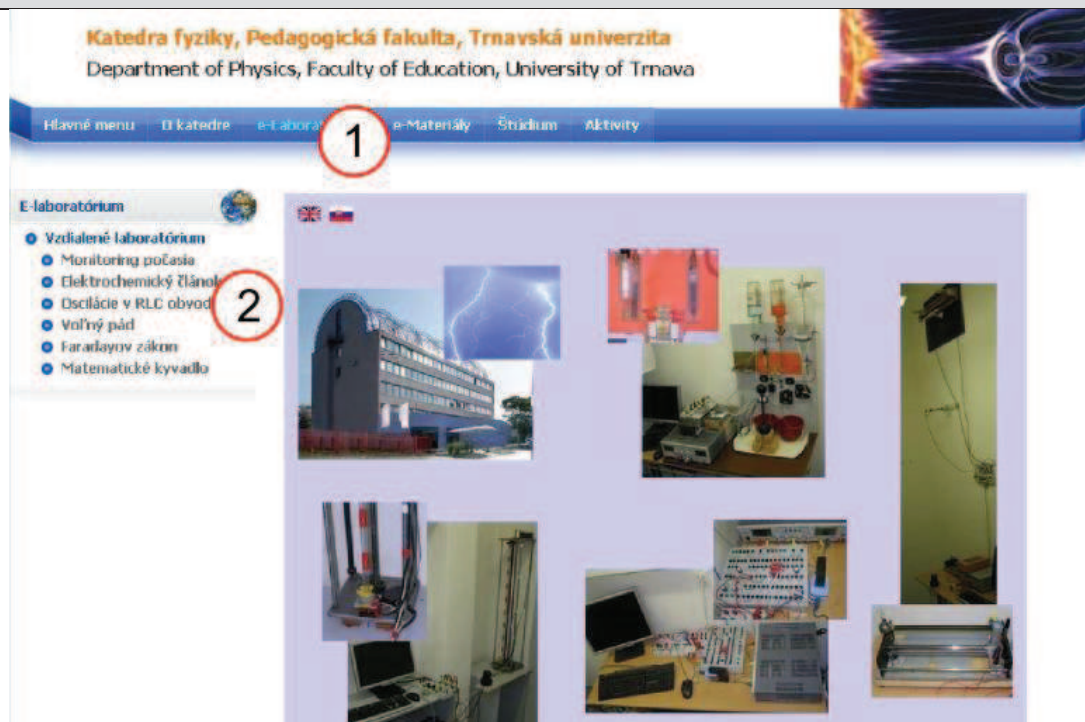
## Cíl

1. Seznámit se s vzdáleně ovládaným experimentem *Sériový obvod RLC*.
2. Experimentálně najít rezonanční frekvenci  $f_0$  pro sériový *RLC* obvod.
3. Ze vztahu (6) vypočítat indukčnost cívky  $L$ .
4. Ověřit fázové posuny v obvodech s odporem  $R$ , indukčností  $L$  a kapacitou  $C$ .
5. Vypracovat protokol o měření.

## Pomůcky

Počítač s připojením na internet.

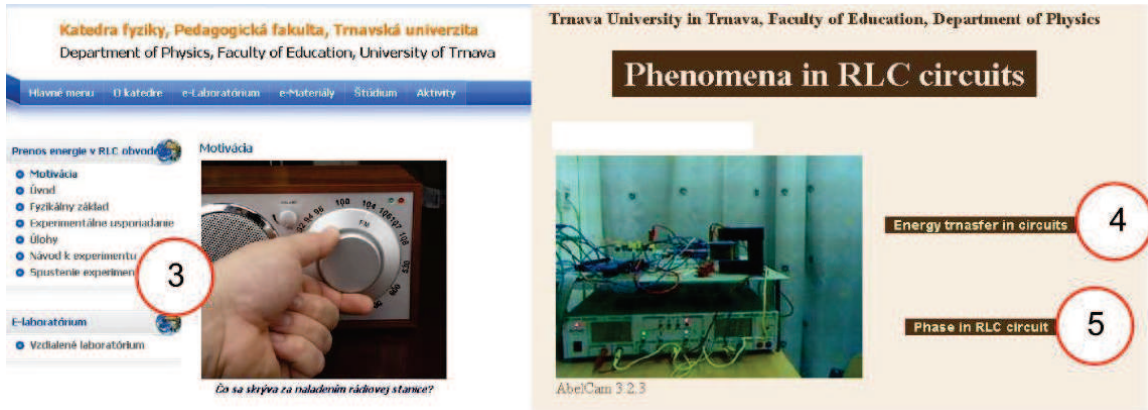
## Schéma



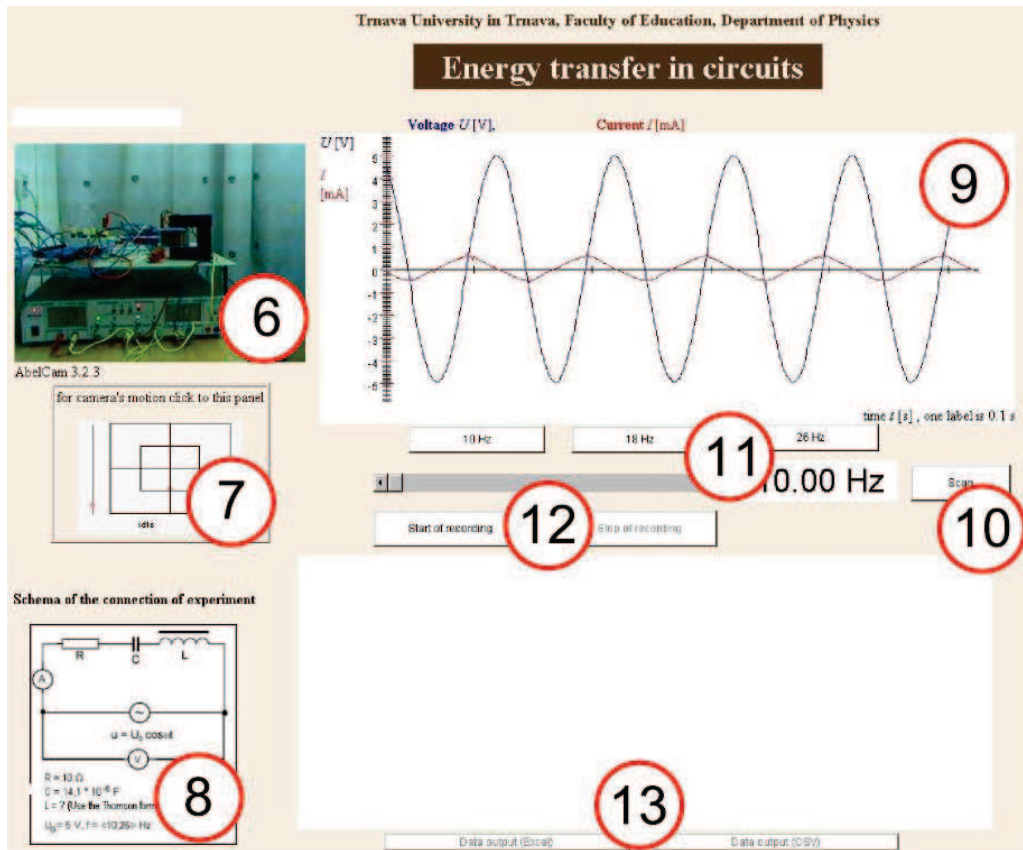
Obr. 2: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.

Na webové stránce <http://kf.truni.sk/> (viz obr. 2) zvolte v horní liště záložku „*e-Laboratórium*“ (číslo 1) a poté zvolte experiment s názvem „*Oscilácie v RLC obvode*“ (číslo 2). Na nové webové stránce (viz obr. 3, vlevo) si můžete přečíst základní informace o experimentu. Pokud chcete přejít k samotnému měření, musíte kliknout na nápis „*Spustenie experimentu*“ (číslo 3). Na další stránce (viz obr. 3, vpravo) zvolte možnost „*Energy transfer in circuits*“ (číslo 4) a otevře se vám stránka, z které lze měnit parametry experimentu (viz obr. 4). V levé části této stránky je on-line obraz na tento experiment (číslo 6). Máte zde možnost pohybovat kamerou (číslo 7) a přečíst si parametry experimentu (číslo 8). V pravé části stránky je graf (číslo 9), který zobrazuje časový diagram napětí (modrá křivka) a proudu (červená křivka) v *RLC* obvodu. Tlačítkem

„Scan“ (číslo 10) můžete rychle zjistit (přibližnou) hodnotu rezonanční frekvence. Pomocí tlačítek nebo posuvníku (číslo 11) můžete měnit hodnotu frekvence v intervalu 10 až 28 Hz. Tlačítka „Start of recording“ a „Stop of recording“ (číslo 12) můžete zaznamenávat měřené hodnoty a pomocí tlačítka „Data output“ (číslo 13) je stahovat např. do Excelu a dále s nimi dle libosti pracovat.

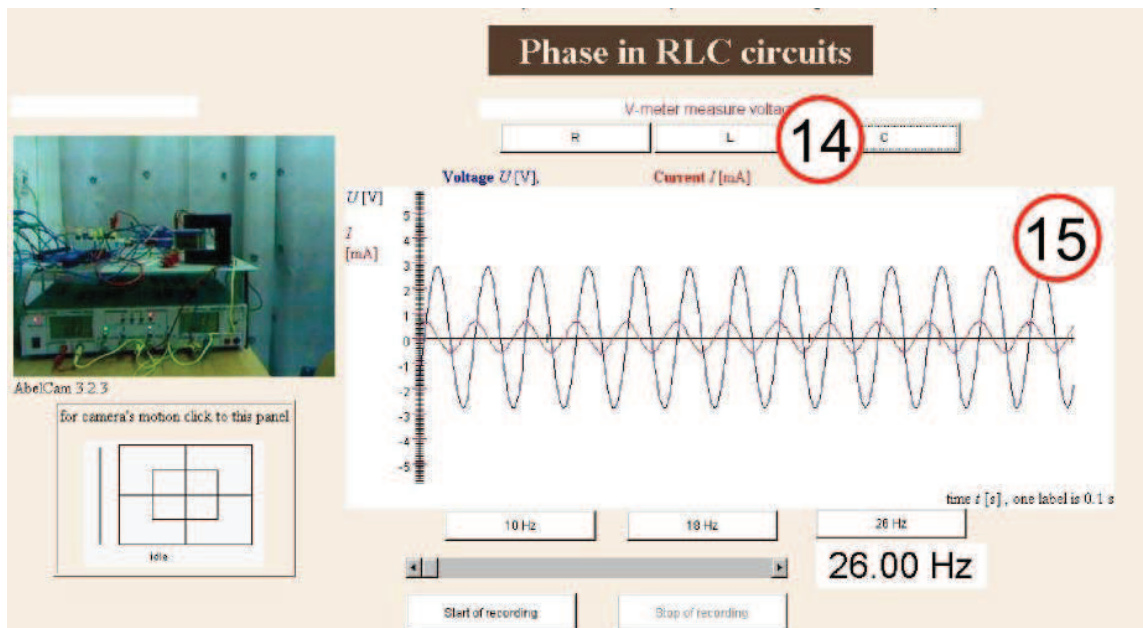


Obr. 3: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.



Obr. 4: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.

Pokud chcete ověřit fázové posuny v obvodech s odporem  $R$ , indukčností  $L$  a kapacitou  $C$ , tak se musíte vrátit na předcházející stránku (viz obr. 3, vpravo) a kliknout na nápis „Phase in RLC circuits“ (číslo 5). Na nové stránce (viz obr. 5) si nejprve zvolíte, zda chcete měřit  $R$ ,  $L$  nebo  $C$  (číslo 14) a v grafu (číslo 15) můžete sledovat (ověřovat) časový diagram napětí a proudu pro různé frekvence.



Obr. 5: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.

## Postup měření

1. Zapněte počítač a připojte se na internet. Experiment je umístěn na webové stránce <http://kf.truni.sk/> (viz obr. 2-5).
2. Pokud by se na této webové stránce vyskytly chyby, vyzkoušejte tento experiment v jiném webovém prohlížeči a zkontrolujte, zda máte nainstalovanou nejnovější verzi programu JAVA, která je zdarma dostupná např. na stránce <http://java.com/>.
3. Pokud je vše v pořádku lze přejít k měření. Nejprve se seznámte s ovládáním experimentu a proveďte jedno zkušební měření, kde se seznámíte s funkcemi jednotlivých tlačítek (Scan, 18 Hz apod.).
4. Nejprve najděte rezonanční frekvenci  $f_0$  pro sériový  $RLC$  obvod. Vyberte si experiment „Energy transfer in circuits“ (viz obr. 3, vpravo). Kliknutím na tlačítko „Scan“ se ve spodní části stránky vygeneruje graf v rozmezí 18 – 27 Hz, kde červená křivka představuje proud v obvodu. Pro rezonanční frekvenci  $f_0$  je amplituda proudu maximální a fázový posun  $\varphi = 0$ .
5. Po tomto přibližném stanovení  $f_0$ , nastavujte (pomocí posuvníku, číslo 11, obr. 4) co nejpřesněji hodnotu frekvence, aby byla splněna podmínka  $\varphi = 0$  (tj. fázový rozdíl mezi střídavým napětím a proudem je nulový). Hodnotu rezonanční frekvence  $f_0$  si zapište. Hodnoty můžete odečítat přímo z webové stránky, nebo si je můžete stáhnout např. do Excelu a zde s nimi dále pracovat.
6. Nyní si z webové stránky opište hodnoty  $R$  a  $C$  pro daný experiment a s využitím vztahů (5), (6) a vztahu  $\omega_0 = 2\pi f_0$  vypočítejte indukčnost  $L$  cívky v  $RLC$  obvodu.
7. Nyní ověříme fázové posuny v obvodech s odporem  $R$ , indukčností  $L$  a kapacitou  $C$ . Vyberte si experiment „Phase in RLC circuits“ (viz obr. 3, vpravo). V horní části stránky si zvolte měření napětí na  $R$  a sledujte graf, který zobrazuje časový diagram napětí (modrá křivka) a proudu (červená křivka) pro různé frekvence. Poté prozkoumejte časové diagramy pro  $L$  i  $C$ . Každý z diagramů popište a zaměřte se především na rozdílné fázové posuny  $\varphi$  jednotlivých grafů.
8. Vypracujte protokol o měření, který má standardní části: Úvod, Teoretická část, Experimentální část (naměřená data, grafy, výpočty a tabulky), Závěr a Zhodnocení měření.

### Doplňující otázky

1. Z jakých prvků se skládá  $RLC$  obvod?
2. Za jakých podmínek nastává rezonance v  $RLC$  obvodu?
3. V jakých jednotkách se uvádí odpor  $R$ , indukčnost  $L$  a kapacita  $C$ ?
4. Vysvětlete pojem impedance  $Z$ ?
5. Pokuste se provést podobný experiment ve své školní laboratoři fyziky. Jaké pomůcky budou k tomuto pokusu potřeba?

### Použitá literatura

- [1] Lepil, O., Šedivý, P.: *Fyzika pro gymnázia. Elektřina a magnetismus*. Prometheus, Praha, 2000.
- [2] <http://kf.truni.sk/> [on-line] [cit. 2011-8-30].
- [3] Reichl, J.: *Encyklopedie fyziky*. [on-line] [cit. 2011-8-30]. Dostupné z <http://fyzika.jreichl.com/>.
- [4] Halliday, D., Resnick, R., Walker, J.: *Fyzika. Část 3. Elektřina a magnetismus*. VUTIUM, Brno, 2006.

## Příloha č. 24

Řešení pro učitele SŠ – vzdáleně ovládaný experiment

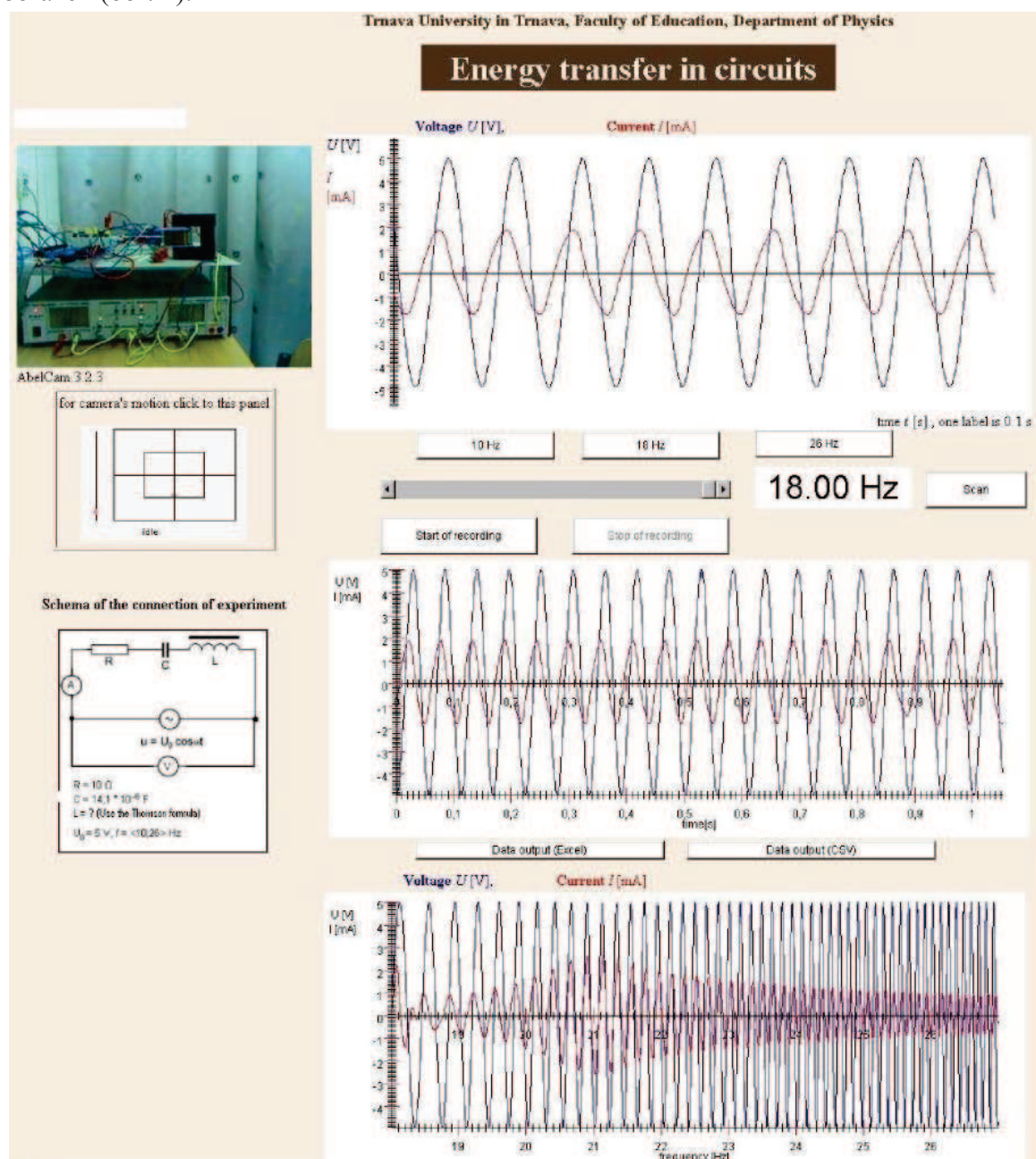
**Střídavý proud (SŠ)**

**Sériový obvod  $RLC$**

### Výsledky měření

Experiment se nachází na webové stránce <http://kf.truni.sk/>.

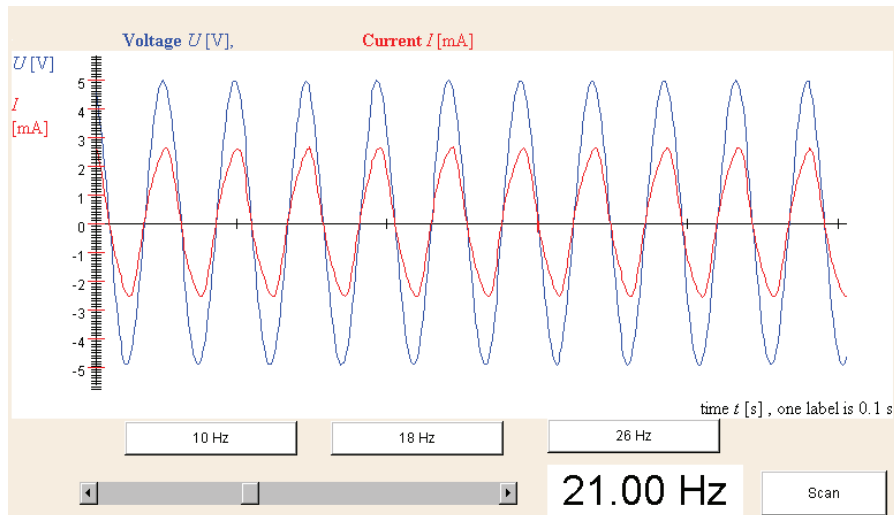
Po provedení postupu dle pracovního listu se na webové stránce zobrazí následující obrázek (obr. 1).



Obr. 1

### Příklad naměřených dat:

Po stisknutí tlačítka Scan, lze (předběžně) stanovit z grafu, že rezonanční frekvence se nachází v intervalu 20,5 Hz až 21,5 Hz. V tomto intervalu nastavujte (pomocí posuvníku, viz obr. 2) hodnoty frekvence, aby byla splněna podmínka  $\varphi = 0$  (tj. fázový rozdíl mezi střídavým napětím a proudem je nulový). Experimentálně bylo změřeno  $f_0 = (21,0 \pm 0,2)$  Hz.



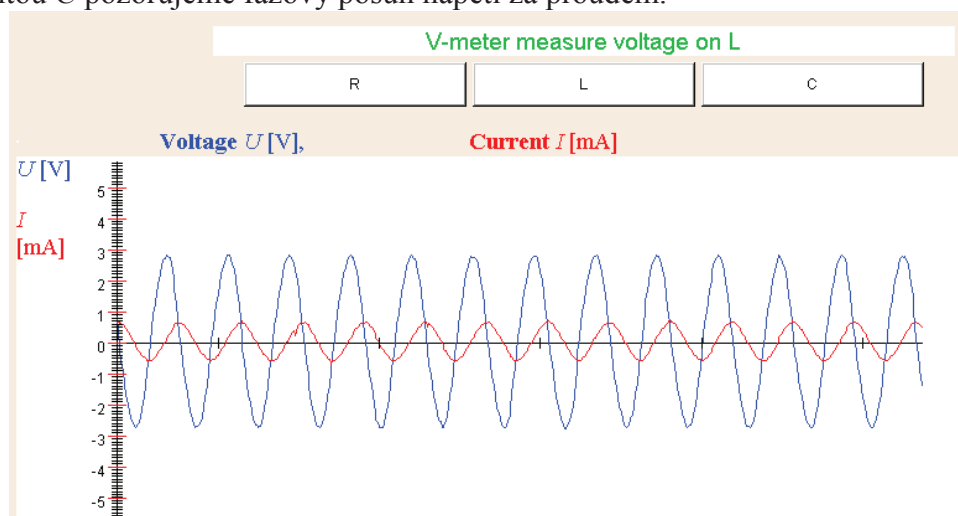
Obr. 2

Na webové stránce jsou uvedeny hodnoty  $R = 10 \Omega$  a  $C = 14,1 \cdot 10^{-6} \text{ F}$ .

Ze vztahů  $\omega_0^2 = \frac{1}{LC} \Rightarrow f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  a  $\omega_0 = 2\pi f_0$  lze vypočítat indukčnost  $L$  cívky (s jádrem) v RLC obvodu.

$$L \approx 4,07 \text{ H.}$$

V druhé části experimentu „Phase in RLC circuits“ lze z jednotlivých grafů odečíst, že pro obvod s odporem  $R$  má napětí i proud stejnou fázi, pro obvod s indukčností  $L$  pozorujeme fázový posun napětí (modrá křivka) před proudem (červená křivka), viz obr. 3. Pro obvod s kapacitou  $C$  pozorujeme fázový posun napětí za proudem.



Obr. 3

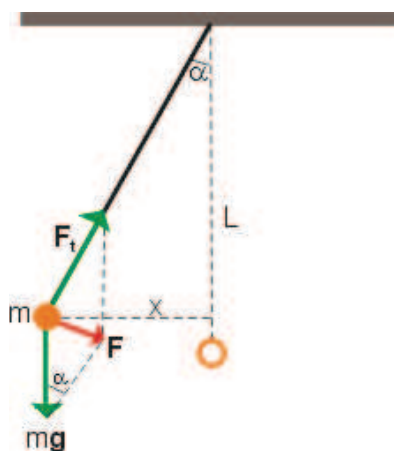
## Příloha č. 25

### Pracovní list – vzdáleně ovládaný experiment

<b>Mechanické kmitání (SŠ)</b>	<b>Určení tíhového zrychlení z doby kmitu matematického kyvadla</b>
--------------------------------	---

#### Fyzikální princip

Matematickým kyvadlem rozumíme abstraktní model mechanického oscilátoru, kde je malé těleso hmotnosti  $m$  zavěšeno na pevném vlákně zanedbatelné hmotnosti a konstantní délky  $L$  (viz obr. 1).



Obr. 1: Matematické kyvadlo.

Při výpočtu se omezíme pouze na malé výchylky, abychom mohli oblouk, po kterém se kulička pohybuje (viz obr. 1), považovat za úsečku. Pro výchylku  $\alpha \leq 5^\circ$  platí, že výraz  $\sin \alpha$  je přibližně roven úhlu  $\alpha$ , vyjádřenému v radiánech ( $\sin \alpha \cong \alpha$ ). (Např. pro  $\alpha = 5^\circ$ , tj. pro  $\alpha = 0,0873$  rad, dostaneme  $\sin \alpha = 0,0872$ .) Příčinou kmitavého pohybu matematického kyvadla je síla  $F$ , která je výslednicí tíhové síly  $mg$  a tahové síly  $F_t$ , kterou působí vlákno závěsu na těleso. Síla  $F$  působí proti výchylce kuličky a snaží se ji vrátit do rovnovážné polohy ( $\alpha = 0$ ). Pro sílu  $F$  (viz obr. 1) platí:

$$F = -m g \sin \alpha = -m g \frac{x}{L}, \quad (1)$$

kde záporné znaménko upozorňuje, že síla působí proti výchylce.

Srovnáme-li vztah (1) s pohybovou rovnicí harmonického kmitání

$$F = -m \omega^2 x, \quad (2)$$

kde  $\omega$  je úhlová frekvence pohybu, pak dostáváme vztah pro úhlovou frekvenci  $\omega_0$  vlastního kmitání matematického kyvadla

$$F = -m \omega^2 x = -m g \frac{x}{L} \Rightarrow$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{L}{g}}. \quad (3)$$

Pro periodu  $T_0$  a frekvenci  $f_0$  vlastního kmitání matematického kyvadla platí:

$$T_0 = 2 \pi \sqrt{\frac{L}{g}}, \quad (4)$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}}. \quad (5)$$

Ze vztahu (4) vidíme, že perioda kmitání matematického kyvadla nezávisí na hmotnosti tělesa ani na výchylce z rovnovážné polohy. Pro tíhové zrychlení  $g$  platí tedy vztah:

$$g = \frac{4\pi^2 L}{T_0^2}. \quad (6)$$

## Cíl

1. Seznámit se s vzdáleně ovládaným experimentem *Určení tíhového zrychlení z doby kmitu matematického kyvadla*.
2. Ze vztahu (6) vypočítat tíhové zrychlení  $g$  pro dané místo měření.
3. Seznámit se resp. zopakovat si vlastnosti tíhového zrychlení  $g$  vzhledem k zeměpisné šířce a nadmořské výšce.
4. Vypracovat protokol o měření.

## Pomůcky

Počítač s připojením na internet.

## Schéma

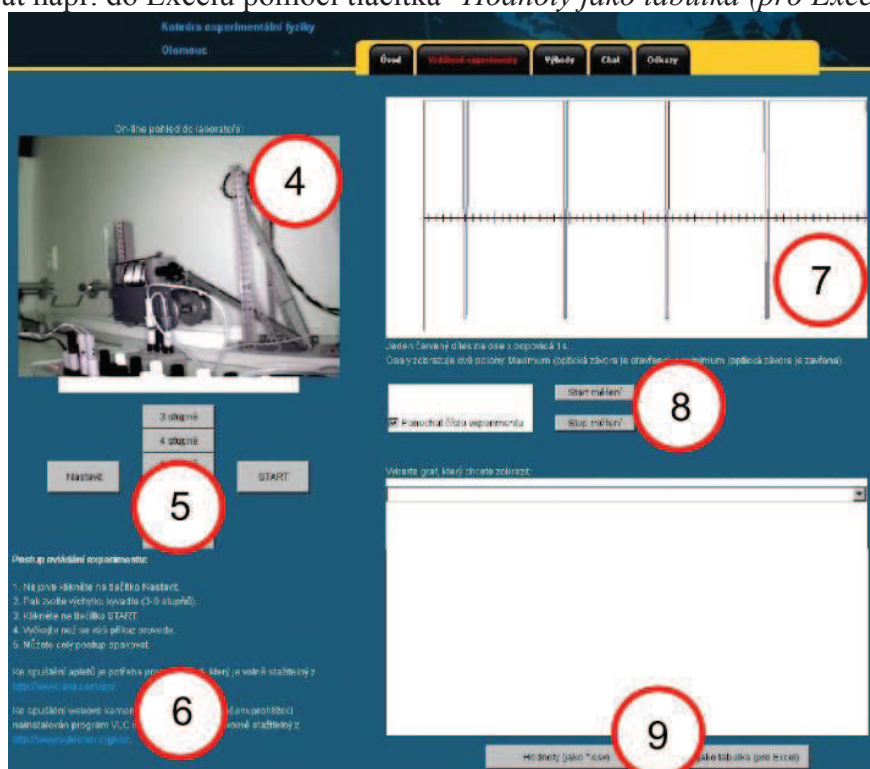


Obr. 2: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.

Na webové stránce <http://www.ictphysics.upol.cz/remotelab/> (viz obr. 2) se můžete v horním panelu seznámit s výhodami vzdáleně ovládaných experimentů, také jsou v této liště odkazy na mnoho dalších vzdáleně ovládaných experimentů z ČR i zahraničí. Pokud chcete přejít k vzdálenému měření, klikněte na tlačítko s červeným nápisem "*Vzdálené experimenty*" (číslo 1) a poté si vyberte experiment 2 "*Určení tíhového zrychlení z doby kmitu matematického kyvadla*" (číslo 2). Na další stránce jsou informace o tomto experimentu (fyzikální princip, návod i videonávod k měření, sestava experimentu nebo protokol pro měření např. ve školním praktiku). Pokud chcete přejít k měření, musíte kliknout na tlačítko "*Spustit experiment*" (číslo 3). Otevře se vám nová webová stránka (viz obr. 3). V levé části této stránky (číslo 4) je obraz z webové kamery. Pokud se vám obraz nezobrazí, nainstalujte si drobný plug-in program VLC media player pro váš prohlížeč, který je volně dostupný např. na stránce <http://www.videolan.org/vlc/>. Pod obrazem z webové kamery se nachází panel s ovládacími tlačítky (číslo 5). Zde nastavujete počáteční výchylku kyvadla (3-8°). Pod tímto panelem s tlačítky jsou informace (číslo 6), jak postupovat při nastavení počáteční výchylky. V pravé části stránky se v grafu (číslo 7) zobrazuje průchod mat. kyvadla optickou závorou. Pomocí tlačítek "*Start měření*" a "*Stop*"



měření" (číslo 8) můžete uložit naměřené hodnoty za libovolný časový úsek. Tyto data lze dále stahovat např. do Excelu pomocí tlačítka "Hodnoty jako tabulka (pro Excel)" (číslo 9).



Obr. 3: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.

## Postup měření

1. Zapněte počítač a připojte se na internet. Experiment je umístěn na webové stránce <http://www.ictphysics.upol.cz/remotelab/> (viz obr. 2-3).
2. Pokud by se na této stránce vyskytly chyby, vyzkoušejte experiment v jiném webovém prohlížeči a zkontrolujte, zda máte nainstalovanou nejnovější verzi programu JAVA, která je zdarma dostupná např. z adresy <http://java.com/>. Experiment může v jeden okamžik ovládat vždy pouze jeden uživatel. Může se tedy stát, že experiment bude obsazen. Počkejte několik minut a zkuste se připojit k experimentu později. Pokud se vám nezobrazí obraz z webové kamery, tak si nainstalujte drobný plug-in programu VLC media player pro váš prohlížeč, který je volně dostupný např. na stránce <http://www.videolan.org/vlc/>.
3. Pokud je vše v pořádku lze přejít k měření. Nejprve se seznámte s ovládáním experimentu a proveďte jedno zkušební měření, kde se seznámíte s funkcemi jednotlivých tlačítek (Nastavit, START, Start měření apod.).
4. Nyní přejdeme k měření periody kmitavého pohybu. Klikněte na tlačítko Nastavit, poté zvolte libovolný úhel ( $3-8^\circ$ ) a vše potvrďte stisknutím tlačítka START. Na webové kameře můžete pozorovat, jak voziček s elektromagnetem nastavuje kyvadlo do vámi zvolené počáteční výchylky.
5. V grafu na webové stránce se zobrazuje průchod mat. kyvadla optickou závorou. Perioda kmitání lze určit přímo z grafu, ale pro přesnější měření využijte tlačítka Start měření a Stop měření a data si pomocí tlačítka Hodnota jako tabulka (pro Excel) nakopírujete např. do Excelu. Z naměřených hodnot určete periodu pohybu  $T$ .
6. Zvolte jinou počáteční výchylku kyvadla a měření opakujte. Celkem proveďte měření pro 4 různé počáteční výchylky a ze všech měření určete periodu pohybu  $T$ . Výsledky si zapisujte do tabulky č. 1.

7. Na webové stránce si v části *Sestava experimentu* najdete údaj o délce mat. kyvadla  $L$  a pomocí vztahu (6) vypočítejte tíhové zrychlení  $g$  pro čtyři vámi zvolené počáteční výchylky.

**Tab. 1**

Výchylka kyvadla		Perioda		$g \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$
$\alpha =$		$T =$		
$\alpha =$		$T =$		
$\alpha =$		$T =$		
$\alpha =$		$T =$		

8. Vypracujte protokol o měření, který má standardní části: Úvod, Teoretická část, Experimentální část (naměřená data, grafy, výpočty a tabulky), Závěr a Zhodnocení měření.

### Doplňující otázky

1. Popište změny tíhového zrychlení na Zemi a vysvětlete pojem normálové tíhové zrychlení.
2. Jak se mění tíhové zrychlení v různých zeměpisných šířkách a jaký vliv má na hodnotu tíhového zrychlení nadmořská výška? Na webové stránce <http://ictphysics.upol.cz/remotelab/> si v záložce Sestava experimentu najdete údaj o nadmořské výšce, ve které je experiment umístěn, a diskutujte, jak by se výsledek změnil, kdyby bylo mat. kyvadlo umístěno v rovině s hladinou moře (0 m nad mořem).
3. Vysvětlete pojem kyv a kmit kyvadla. Jaký vliv na měření má délka závěsu kyvadla?
4. Vysvětlete rozdíl mezi matematickým a fyzickým kyvadlem. Na internetu najdete další typy kyvadel např. reverzní kyvadlo, torzní kyvadlo, spřažená kyvadla, Blackburnovo kyvadlo, Foucaultovo kyvadlo a další a popište jejich základní vlastnosti.
5. Pokuste se provést podobný experiment v laboratoři nebo ve třídě. Jaké pomůcky budete k tomuto pokusu potřebovat?

### Použitá literatura

- [1] Lepil, O.: *Fyzika pro gymnázia. Mechanické kmitání a vlnění*. Prometheus Praha, 2001.
- [2] Halliday, D., Resnick, R., Walker, J.: *Fyzika. Část 2. Mechanika – Termodynamika*. VUTIUM, Brno, 2006.
- [3] Reichl, J.: *Encyklopedie fyziky*. [on-line] [cit. 2011-8-16]. Dostupné z <http://fyzika.jreichl.com/>.
- [4] <http://ictphysics.upol.cz/remotelab/> [on-line] [cit. 2011-8-29].

## Příloha č. 26

### Řešení pro učitele SŠ – vzdáleně ovládaný experiment

<b>Mechanické kmitání (SŠ)</b>	<b>Určení tíhového zrychlení z doby kmitu matematického kyvadla</b>
--------------------------------	---

### Výsledky měření

Experiment se nachází na webové stránce <http://www.ictphysics.upol.cz/remotelab/>.

Po provedení postupu dle pracovního listu se na webové stránce zobrazí následující obrázek (obr. 1).

On-line pohled do laboratoře:

3 stupně  
4 stupně  
5 stupňů  
6 stupňů  
7 stupňů  
8 stupňů

Nastavit START

Postup ovládání experimentu:

1. Nejprve klikněte na tlačítko Nastavit.
2. Pak zvolte výchylku kyvadla (3-8 stupňů).
3. Klikněte na tlačítko START.
4. Vyčkejte než se váš příkaz provede.
5. Můžete celý postup opakovat.

Ke spuštění aplikace je potřeba program JAVA, který je volně stažitelný z <http://www.java.com/en/>.

Ke spuštění webové kamery potřebujete mít ve vašem prohlížeči nainstalován program VLC media player, který je volně stažitelný z <http://www.videolan.org/vlc>.

Jeden červený dílek na ose x odpovídá 1s.  
Osa y zobrazuje dvě polohy. Maximum (optická závora je otevřena) a minimum (optická závora je zavřena).

13 Start měření  
Ponechat číslo experiment Stop měření

Vyberte graf, který chcete zobrazit:

Hodnoty (jako \*.csv) Hodnoty jako tabulka (pro Excel)

Obr. 1

### Příklad naměřených dat:

- délka kyvadla  $L = (184,9 \pm 0,1)$  cm

### Umístění experimentu:

- Zeměpisná šířka:  $49,5929^\circ$  N.
- Zeměpisná délka:  $17,2640^\circ$  E.
- Nadmořská výška: 238 m n. m.

Pro přesnější měření stanovíme periodu 10 kmitů ( $10T$ ).

**Tab. 1**

Počáteční výchylka	$10T$ [s]	$T_0$ [s]	$g$ [ $\frac{m}{s^2}$ ]
4°	27,28 s	2,728 s	<b>9,809</b> $\frac{m}{s^2}$
5°	27,28 s	2,728 s	<b>9,809</b> $\frac{m}{s^2}$
6°	27,29 s	2,729 s	<b>9,801</b> $\frac{m}{s^2}$
7°	27,29 s	2,729 s	<b>9,801</b> $\frac{m}{s^2}$
8°	27,29 s	2,729 s	<b>9,801</b> $\frac{m}{s^2}$

Dosažením do vztahu  $g = \frac{4\pi^2 L}{T_0^2}$  získáme hodnotu tíhového zrychlení  $g$  (viz poslední sloupec tab. 1).

Hodnotu tíhového zrychlení  $g$  (pro dané místo) lze určit ze vzorce:

$$g = 9,78031846 (1 + 0,005278895 \sin^2 \phi + 0,000023462 \sin^4 \phi) \text{m} \cdot \text{s}^{-2},$$

kde  $\phi$  je zeměpisná šířka. Dosažením do tohoto vztahu dostáváme:

$$g = \mathbf{9,810 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}}.$$

## Příloha č. 27

### Pracovní list – vzdáleně ovládaný experiment

<b>Proudění kapalin (SŠ)</b>	<b>Studium proudění vody v soustavě trubic</b>
----------------------------------	--

#### Fyzikální princip

Měření průtoku patří k jedné z nejstarších činností měřicí techniky. V současné době je rozsah použití průtokoměrů velmi široký: od měření průtoku krve až po měření rychlosti proudění říčních toků nebo mořských proudů.

Pohyb reálné kapaliny je velmi komplikovaný. Proto se při numerických výpočtech pracuje s dokonale tekutou a dokonale nestlačitelnou kapalinou, tzv. ideální kapalinou. Ta slouží jako zjednodušený, ale velmi užitečný model pro chování skutečných kapalin.

Vzhledem k tomu, že je ideální kapalina nestlačitelná, nemůže se při proudění v žádném místě trubice hromadit. Při ustáleném proudění ideální kapaliny je součin obsahu průřezu trubice  $S$  a rychlosti proudu  $v$  v každém místě trubice stejný. Tento výrok vyjadřuje rovnici spojitosti toku neboli rovnici kontinuity, která je dána vztahem

$$S v = konst. \quad (1)$$

Tlak v kapalině vyvolaný hydrostatickou tlakovou silou se nazývá hydrostatický tlak  $p_h$  a lze jej vypočítat ze vztahu

$$p_h = h \rho g, \quad (2)$$

kde  $h$  odpovídá hloubce pod volným povrchem kapaliny a  $\rho$  je hustota kapaliny. Tlak vyvolaný atmosférickou tlakovou silou se nazývá atmosférický tlak  $p_a$ .

Tlakoměr ponořený do kapaliny ukazuje hodnotu tlaku  $p$ , která odpovídá součtu atmosférického a hydrostatického tlaku:

$$p = p_a + p_h. \quad (3)$$

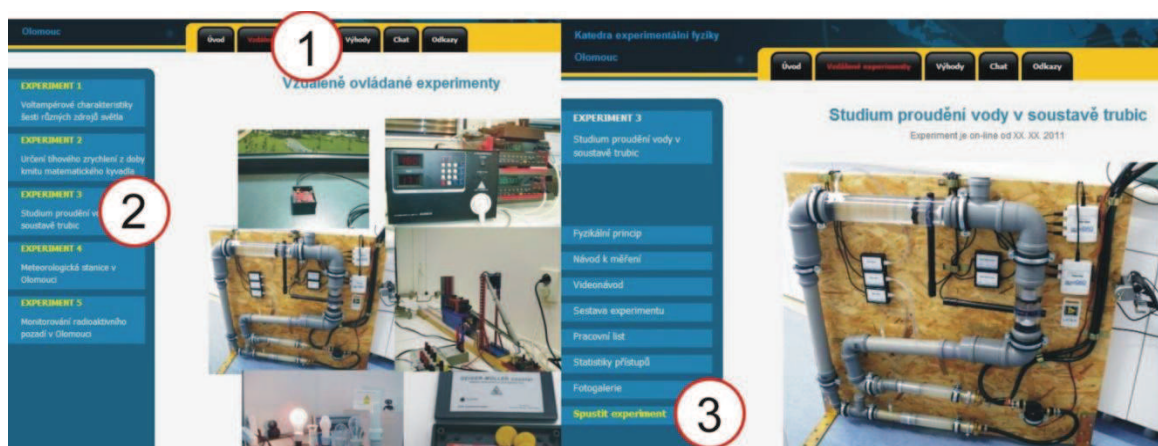
#### Cíl

1. Seznámit se s vzdáleně ovládaným experimentem *Studium proudění vody v soustavě trubic*.
2. Změřit tlak ve třech různých trubicích pro rychlost proudění  $v = 0$  a  $v \neq 0$ .
3. Ze vztahu (3) vypočítat různé výšky trubic v soustavě.
4. Ze vztahu (1) ověřit platnost rovnice kontinuity.
5. Vypracovat protokol o měření.

#### Pomůcky

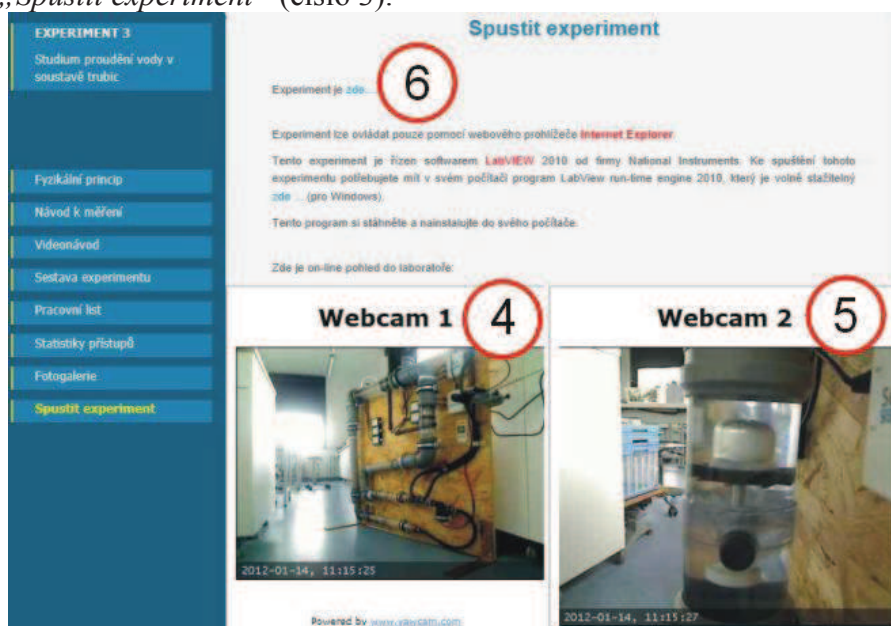
Počítač s připojením na internet.

## Schéma



Obr. 1: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.

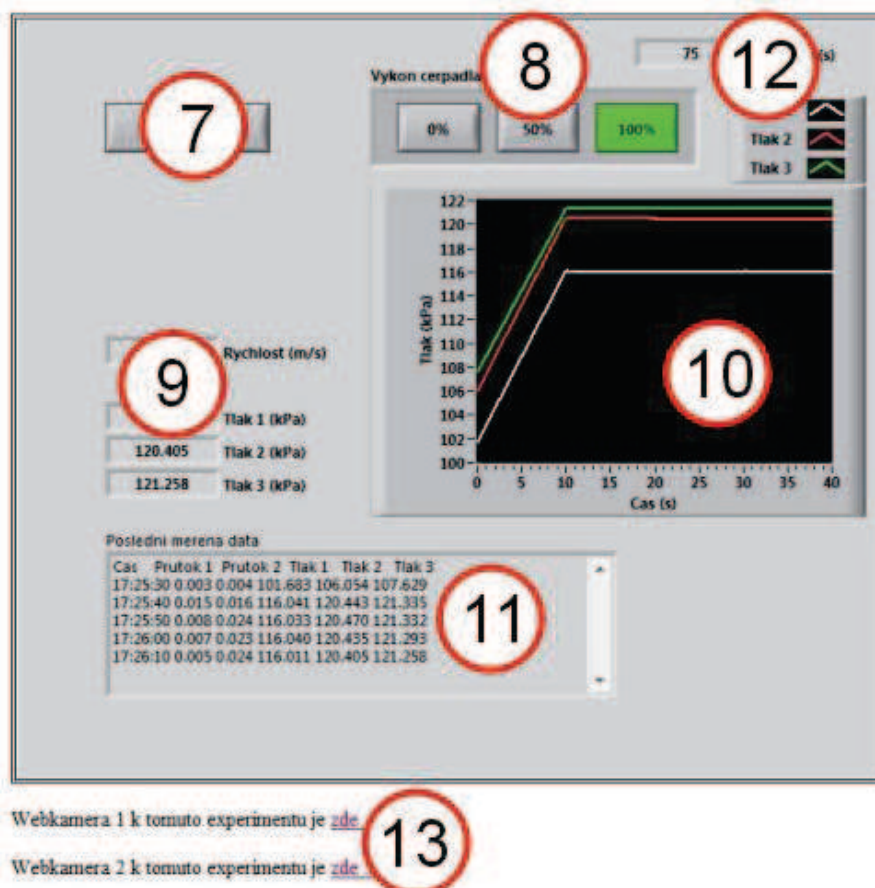
Na webové stránce <http://www.ictphysics.upol.cz/remotelab/> (viz obr. 1) se můžete v horním panelu seznámit s výhodami tohoto typu experimentování, také jsou v této liště např. odkazy na další vzdálené pokusy (jak české, tak zahraniční). Pokud chcete přejít k vzdálenému měření, klikněte na tlačítko s červeným nápisem "Vzdálené experimenty" (číslo 1) a poté si vyberte třetí experiment "Studium proudění vody v soustavě trubic" (číslo 2). Na další webové stránce si můžete přečíst fyzikální princip daného měření, návod a videonávod, jak experiment ovládat. Lze si také prohlédnout fotogalerii a seznam přístrojů, z kterých je experiment složen. Pokud chcete přejít přímo k měření, zvolte žluté tlačítko s názvem „Spustit experiment“ (číslo 3).



Obr. 2: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.

Na nové stránce (viz obr. 2) se dozvíte, které programy si musíte nainstalovat do svého počítače pro bezproblémové ovládní vzdáleného pokusu. Tento experiment je vytvořen na platformě LabVIEW a proto před jeho spuštěním si musíte z webové stránky stáhnout a nainstalovat program LabVIEW Run Time-Engine (40,7 MB). Na této stránce jsou také zobrazeny dva on-line přenosy ze dvou webových kamer. Jedna kamera (číslo 4) zabírá celkový pohled na laboratoř s experimentem, druhá kamera (číslo 5) snímá detail sondy na

proudění vody. Pro ovládání tohoto experimentu musíte použít prohlížeč **Internet Explorer**. Pokud máte všechno připraveno lze přejít přímo k ovládacímu panelu (číslo 6). Na stránce s ovládacím panelem (viz obr. 3) nejprve kliknete na tlačítko „Spustit“ (číslo 7), poté můžete nastavit výkon čerpadla 0%, 50% nebo 100% (číslo 8). Aktuálně měřené hodnoty se zobrazují v číselné podobě (číslo 9) a hodnoty tlaků i v grafické podobě (číslo 10). Tyto údaje se aktualizují každých 10s a odpovídají průměrné hodnotě za posledních 10s. Z tabulky (číslo 11) lze naměřená data kopírovat např. do Excelu. Celkový čas na měření je 120s, ale při aktivní práci s experimentem se časový limit vždy nastaví na maximální hodnotu (číslo 12). On-line přenos z webových kamer není na stejné stránce jako ovládací panel experimentu, ale ve spodní části stránky lze otevřít novou stránku s těmito kamerami.



Obr. 3: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.

## Postup měření

1. Zapněte počítač a připojte se na internet. Experiment je umístěn na webové stránce <http://www.ictphysics.upol.cz/remotelab/> (viz obr. 1-3) a pro jeho ovládání je třeba použít prohlížeč *Internet Explorer*.
2. Nejprve si z webové stránky naistalujte program *LabVIEW Run Time-Engine* (40,7 MB).
3. Pokud je vše připraveno lze přejít k měření. V záložce „*Sestava experimentu*“ si najdete údaje o průměrech tří trubic ( $d_1$ ,  $d_2$  a  $d_3$ ) a spočítejte obsah kruhového průřezu těchto tří trubic ( $S_1$ ,  $S_2$  a  $S_3$ ). Hodnoty dosadíte do tab. 5 (1. a 2. sloupec). Budou ještě využity k dalším výpočtům.
4. V záložce „*Sestava experimentu*“ klikněte na nápis „*Teplota v laboratoři: zde ...*“. Dostanete se na novou stránku, kde je on-line snímána aktuální teplota v laboratoři. Tento údaj si opište do tab. 1.

**Tab. 1**

On-line teplota v laboratoři:

5. Nyní otevřete hlavní ovládací panel (viz obr. 3). Zde nejprve klikněte na tlačítko „Spustit“ a sledujte hodnoty tlaků, které se budou ukládat do tabulky na webové stránce (aktualizují se každých 10s). Vyčkejte, než se uloží minimálně 7 hodnot (tj. cca 70s) a hodnoty tlaků z tabulky si zkopírujte např. do Excelu. Důležité je smazat první a poslední řádek naměřených hodnot, protože tyto data mohou být ovlivněna předcházejícím nebo následným měřením. Uložené hodnoty si poté přepište do tab. 2. Hodnoty zaokrouhlete na 3 desetinná místa.

**Tab. 2**

	$p_1 = \text{tlak 1 (kPa)}$	$p_2 = \text{tlak 2 (kPa)}$	$p_3 = \text{tlak 3 (kPa)}$
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
průměr	$p_1 =$	$p_2 =$	$p_3 =$

6. Hodnoty  $p_1$ ,  $p_2$  a  $p_3$  z tab. 2, odpovídají součtu atmosférického a hydrostatického tlaku:

$$p_1 = p_a + h_1 \rho g, \quad (4)$$

$$p_2 = p_a + h_2 \rho g, \quad (5)$$

$$p_3 = p_a + h_3 \rho g. \quad (6)$$

Z těchto naměřených hodnot  $p_1$ ,  $p_2$  a  $p_3$  nejprve odhadněte, který ze tří senzorů tlaku je umístěn v horní části soustavy trubek, který v dolní části a který uprostřed. Z rovnic (4-6) přesně spočítejte rozdílné výšky  $h_1$ ,  $h_2$  a  $h_3$  jednotlivých trubek. K výpočtu můžete využít předvyplněnou tab. 3.

**Tab. 3**

rychlost ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )	tlak (kPa)	výška (m)
$v_1 = 0$	$p_1 = p_a =$	$h_1 = 0$
$v_2 = 0$	$p_2 =$	$h_2 =$
$v_3 = 0$	$p_3 =$	$h_3 =$

7. Nyní nastavte výkon čerpadla na 100% a opět vyčkejte, než se uloží minimálně 7 hodnot. (tj. cca 70s) a hodnoty z tabulky (rychlost proudění v nejširší trubici a hodnoty tlaků) si zkopírujte např. do Excelu. Důležité je opět smazat první a poslední řádek naměřených hodnot. Uložené hodnoty si poté přepište do tab. 4. Hodnoty zaokrouhlete na 3 desetinná místa.

**Tab. 4**

	$v_1 = \text{rychlost 1}$ ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )	$p_1 = \text{tlak 1}$ (kPa)	$p_2 = \text{tlak 2 (kPa)}$	$p_3 = \text{tlak 3 (kPa)}$
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
průměr	$v_1 =$	$p_1 =$	$p_2 =$	$p_3 =$



- Z hodnoty rychlosti  $v_1$  můžete, s využitím rovnice kontinuity  $S v = konst.$ , vypočítat rychlost proudění vody v dalších trubiciích  $v_2$  a  $v_3$ . Tyto hodnoty napište do tab. 5 (3. sloupec).
- Rozhodněte, zda je proudění ve třech měřených místech laminární nebo turbulentní. Kritériem, které rozhoduje, zda je proudění laminární nebo turbulentní, je velikost Reynoldsova čísla  $R_e$ , které lze pro kruhové potrubí vypočítat ze vztahu:

$$R_e = \frac{d \cdot v \cdot \rho}{\eta}, \quad (8)$$

kde  $d$  je průměr potrubí,  $v$  rychlost vody v dané trubici,  $\rho$  hustota proudící kapaliny a  $\eta$  dynamická viskozita kapaliny (hodnoty  $\rho$  a  $\eta$  pro danou teplotu si vyhledejte v tabulkách nebo na internetu). Laminární proudění v uzavřených trubiciích nastává, jestliže  $R_e \leq 2000$ . Turbulentní proudění nastává pro  $R_e \geq 4000$ . Hodnoty Reynoldsova čísla v rozmezí 2000-4000 jsou označovány jako přechodná oblast mezi laminárním a turbulentním prouděním.

Tab. 5

	$S = \pi \frac{d^2}{4}$	$S \cdot v = konst.$	$R_e = \frac{d \cdot v \cdot \rho}{\eta}$
$d_1 =$ m	$S_1 =$ m <sup>2</sup>	$v_1 =$ m · s <sup>-1</sup>	$R_{e1} =$
$d_2 =$ m	$S_2 =$ m <sup>2</sup>	$v_2 =$ m · s <sup>-1</sup>	$R_{e2} =$
$d_3 =$ m	$S_3 =$ m <sup>2</sup>	$v_3 =$ m · s <sup>-1</sup>	$R_{e3} =$
	$\rho_{H_2O} =$	kg · m <sup>-3</sup>	
	$\eta_{H_2O} =$	Pa · s	

- Odůvodněte, k jakým změnám tlaku dochází při zapnutí čerpadla.
- Vypracujte protokol o měření, který má standardní části: Úvod, Teoretická část, Experimentální část (naměřená data, grafy, výpočty a tabulky), Závěr a Zhodnocení měření.

### Doplňující otázky

- Jaké faktory musíme vzít v úvahu, jestliže v trubiciích neproudí ideální kapalina, ale reálná kapalina? Jaké vlastnosti má ideální kapalina?
- V zúžené části trubice má kapalina větší nebo menší rychlost? Proč?
- Co vyjadřuje objemový průtok a v jakých jednotkách jej měříme?
- Vysvětlíte pojmy turbulentní a laminární proudění a pojem Reynoldsovo číslo.
- Kterými přístroji měříme objem vody a objem plynu, které protečou potrubím?

### Použitá literatura

- [1] Bednařík, M., Šíroková, M.: *Fyzika pro gymnázia. Mechanika*. Prometheus, Praha, 2000.
- [2] Látal, F.: *Vzdáleně ovládaná laboratoř* [online]. [cit. 2011-11-1]. Vzdáleně ovládané experimenty. Dostupné z WWW: <<http://www.ictphysics.upol.cz/remotelab/>>.
- [3] Halliday, D., Resnick, R., Walker, J.: *Fyzika. Část 2. Mechanika – Termodynamika*. VUTIUM, Brno, 2006.
- [4] Bajzer, J.: *Mechanika 3*. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 2006.
- [5] Brater, E. – King, H. – Lindell, J. – Wei, C.: *Handbook of hydraulics*. McGraw-Hill, New York, 1996.
- [6] Ďaďo, S. – Bejček, L. – Platil, A.: *Měření průtoku a výšky hladiny*. BEN – technická literatura, Praha, 2005.

## Příloha č. 28

Řešení pro učitele SŠ – vzdáleně ovládaný experiment

<b>Proudění kapalin (SŠ)</b>	<b>Studium proudění vody v soustavě trubíc</b>
----------------------------------	--

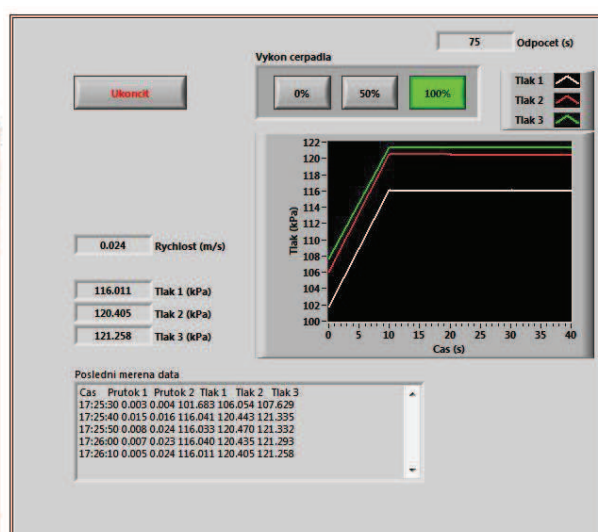
### Výsledky měření

Experiment se nachází na webové stránce <http://ictphysics.upol.cz/remotelab/>.

Po provedení postupu dle pracovního listu se na webové stránce zobrazí následující obrázek (obr. 1: pro zjištění teploty, obr. 2: pro zjištění rychlosti proudění a tlaků v trubcích).



Obr. 1



Webkamera 1 k tomuto experimentu je [zde](#) ...

Webkamera 2 k tomuto experimentu je [zde](#) ...

Obr. 2

### Příklad naměřených dat:

- teplota v laboratoři:  $T = 22,7 \text{ } ^\circ\text{C}$

Tab. 1 – hodnoty tlaků pro výkon čerpadla 0% (tj. rychlost  $0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ )

čas měření	$p_1 = \text{tlak 1 (kPa)}$	$p_2 = \text{tlak 2 (kPa)}$	$p_3 = \text{tlak 3 (kPa)}$
14:45:40	99,923	104,562	105,444
14:45:50	99,922	104,566	105,446
14:46:00	99,920	104,561	105,443
14:46:10	99,916	104,560	105,446
14:46:20	99,916	104,555	105,446
14:46:30	99,913	104,551	105,443
průměr	$p_1 = 99,918 \text{ kPa}$	$p_2 = 104,559 \text{ kPa}$	$p_3 = 105,445 \text{ kPa}$

- z tab. 1 vidíme, že senzor tlaku  $p_3$  je umístěn nejnižše ze všech senzorů, nad ním je senzor tlaku  $p_2$  a nejnvýše je umístěn senzor tlaku  $p_1$

- hodnoty  $p_1$ ,  $p_2$  a  $p_3$  z tab. 1, odpovídají součtu atmosférického a hydrostatického tlaku:

$$p_1 = p_a + h_1 \rho g, \quad (1)$$

$$p_2 = p_a + h_2 \rho g, \quad (2)$$

$$p_3 = p_a + h_3 \rho g. \quad (3)$$

- v tab. 2 si zvolíme např. výšku senzoru  $p_1$  za nulovou hladinu (tzn.  $h_1 = 0$  a tedy  $p_1 = p_a$ )
- z rovnic (2) a (3) dopočítáme vzdálenosti mezi jednotlivými senzory (pro  $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 998 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ,  $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ ).

**Tab. 2** – výpočet vzdáleností jednotlivých trubic (hloubka od nulové hladiny)

rychlost ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )	tlak (Pa)	výška (m)
$v_1 = 0$	$p_1 = p_a = 99918$	$h_1 = 0$
$v_2 = 0$	$p_2 = 104559$	$h_2 = 0,474$
$v_3 = 0$	$p_3 = 105445$	$h_3 = 0,565$

- v tab. 3 jsou uvedeny hodnoty pro proudící kapalinu, kde výkon čerpadla je nastaven na 100%

**Tab. 3** – hodnoty tlaků a rychlosti  $v_1$  pro výkon čerpadla 100%

čas měření	$v_1 =$ rychlost 1 ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )	$p_1 =$ tlak 1 (kPa)	$p_2 =$ tlak 2 (kPa)	$p_3 =$ tlak 3 (kPa)
14:47:00	0,043	107,995	112,521	113,53
14:47:09	0,044	107,996	112,524	113,533
14:47:19	0,041	108,003	112,527	113,526
14:47:29	0,046	107,997	112,525	113,512
14:47:39	0,049	107,987	112,513	113,487
14:47:49	0,043	107,983	112,506	113,476
14:47:59	0,044	107,995	112,523	113,494
průměr	$v_1 = 0,044 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	$p_1 = 107,994 \text{ kPa}$	$p_2 = 112,520 \text{ kPa}$	$p_3 = 113,508 \text{ kPa}$

- v tab. 4 jsou s využitím zadaných hodnot  $d_1$ ,  $d_2$  a  $d_3$  a změřené hodnoty  $v_1$  vypočítány (pomocí rovnice kontinuity) rychlosti  $v_2$  a  $v_3$  a pomocí vztahu uvedeného v pracovním listu i hodnota Reynoldsova čísla

**Tab. 4** – rovnice kontinuity, Reynoldsovo číslo

vnitřní průměr trubic	$S = \pi \frac{d^2}{4}$	$S \cdot v = \text{konst.}$	$Re = \frac{d \cdot v \cdot \rho}{\eta}$
$d_1 = 0,071 \text{ m}$	$S_1 = 0,00396 \text{ m}^2$	$v_1 = 0,044 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	$Re_1 = 3118$
$d_2 = 0,046 \text{ m}$	$S_2 = 0,00166 \text{ m}^2$	$v_2 = 0,105 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	$Re_2 = 4820$
$d_3 = 0,029 \text{ m}$	$S_3 = 0,00066 \text{ m}^2$	$v_3 = 0,264 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	$Re_3 = 7641$
$\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 998 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$			
$\eta_{\text{H}_2\text{O}} = 0,001 \text{ Pa} \cdot \text{s}$			

- v trubicích o průměrech  $d_2$  a  $d_3$  je proudění jednoznačně turbulentní

## Příloha č. 29

### Pracovní list – vzdáleně ovládaný experiment

<b>Meteorologie (ZŠ)</b>	<b>Meteorologická stanice v Brně</b>
--------------------------	--------------------------------------

#### Fyzikální princip

Meteorologie je vědní obor, který se zabývá studiem jevů v atmosféře. Meteorologické poznatky běžně využíváme v mnoha odvětvích lidské činnosti, např. v zemědělství, vojenství, letecké a námořní dopravě apod. Základní meteorologické prvky jsou teplota vzduchu, vlhkost vzduchu, atmosférický tlak, směr a rychlost větru, sluneční svit, oblačnost a srážky.

Atmosféra je směsí plynů (viz tab. 1), v níž jsou dále přítomny vodní kapičky, ledové krystalky a různé znečišťující příměsi, které jsou přírodního původu (prachové částičky, pylová zrna), nebo se do atmosféry dostávají lidskou činností. Atmosféra Země sahá přibližně do výšky 1000 km. Podle závislosti teploty vzduchu na výšce se atmosféra Země člení na troposféru, stratosféru, mezosféru, termosféru a exosféru.

Tab. 1 Složení suché a čisté atmosféry Země

plyn	chemická značka	% objemu
dusík	N <sub>2</sub>	78,084
kyslík	O <sub>2</sub>	20,948
argon	Ar	0,934
oxid uhličitý	CO <sub>2</sub>	0,031
neon	Ne	0,002
hélium	He	0,001

#### Cíl

1. Seznámit se s vzdáleně ovládaným experimentem *Meteorologická stanice v Brně*.
2. Zaznamenat a analyzovat změny teploty, tlaku a intenzity Slunce.
3. Srovnat výsledky z několika různých meteorologických stanic.
4. Vypracovat protokol o měření.

#### Pomůcky

Počítač s připojením na internet.

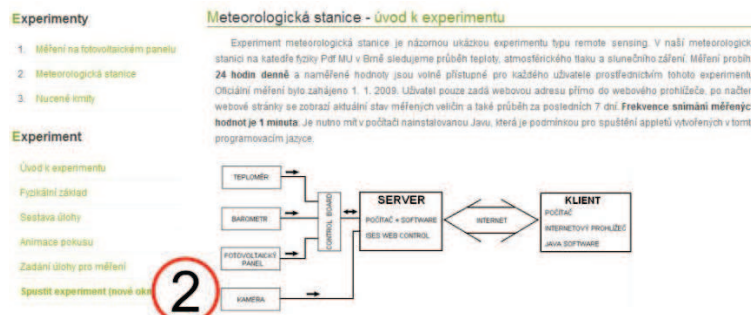
#### Schéma

Na webové stránce <http://ises.tym.cz/> (viz obr. 1) si zvolte možnost, že chcete zkoumat experiment s názvem „*Meteorologická stanice*“ (číslo 1). Otevře se vám další webová stránka (viz obr. 2), na které se dozvíte základní údaje o experimentu, fyzikální základ experimentu. Můžete si přečíst, z jakých přístrojů se experiment skládá, nebo se můžete podívat na animaci. Pokud chcete přejít k samotnému pokusu, tak klikněte na nápis „*Spustit experiment*“ (číslo 2) v levé části obrazovky. Na další webové stránce (viz obr. 3 a 4) uvidíte průběh teploty (číslo 3), atmosférického tlaku (číslo 4) a slunečního záření (číslo 5 a 6) v posledních sedmi dnech v Brně. Tento pokus neumožňuje měnit parametry

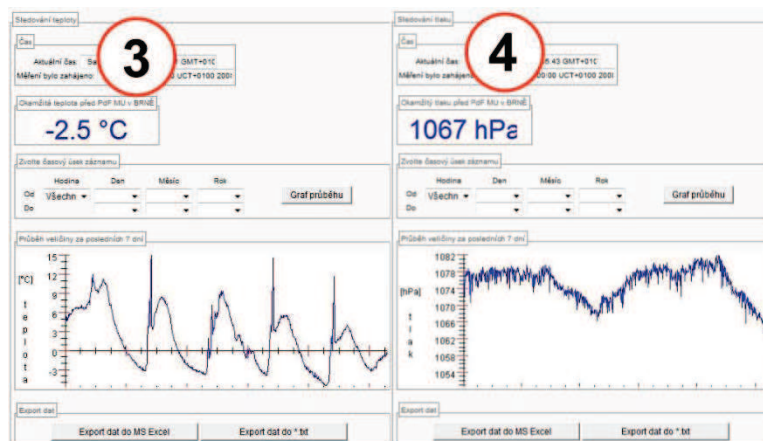
měření (jedná se o tzv. remote sensing experiment). Měření probíhá 24 hodin denně a frekvence snímání naměřených hodnot je 1 minuta. Můžete si tedy zvolit libovolný den nebo období od 1. 1. 2009 a zkoumat průběh teploty, atmosférický tlak a sluneční záření v Brně.



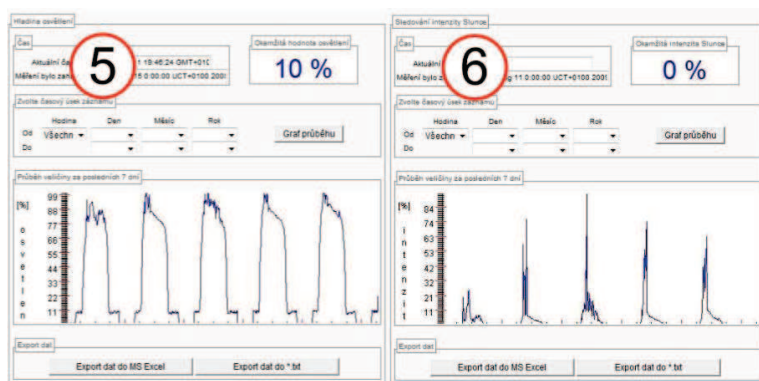
Obr. 1: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.



Obr. 2: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.



Obr. 3: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.



Obr. 4: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.

## Postup měření

1. Zapněte počítač a připojte se na internet. Experiment je umístěn na webové stránce <http://ises.tym.cz/> (viz obr. 1-4).
2. Pokud by se na této webové stránce vyskytly chyby, vyzkoušejte tento experiment v jiném webovém prohlížeči a zkontrolujte, zda máte nainstalovanu nejnovější verzi programu JAVA, která je zdarma dostupná např. na stránce <http://java.com/>.
3. Na webové stránce, z které se experiment ovládá, zvolte jednu z proměnných (teplotu, tlak, osvětlení nebo intenzitu Slunce). Na panelu na webové stránce zadejte časový interval (např. 1 den, 1 týden apod.) a klikněte na tlačítko „Graf průběhu“. Na obrazovce se vám vykreslí graf pro dané období. Tyto hodnoty si můžete exportovat do Excelu, kliknutím na tlačítko „Export dat do MS Excel“. Popište vytvořený graf. Určete průměrnou hodnotu pro daný graf. Zaměřte se na maxima a minima v grafu a proveďte jejich rozbor, uveďte maximální a minimální hodnotu v grafu. Vyberte si stejné časové období, ale v jiném roce a srovnajte tyto dva grafy.
4. Nyní si vyberte jinou proměnnou (teplotu, tlak, osvětlení nebo intenzitu Slunce) a proveďte stejný postup jako v bodu 3. Tento postup opakujte pro všechny proměnné.
5. Vypracujte protokol o měření, který má standardní části: Úvod, Teoretická část, Experimentální část (naměřená data, grafy, výpočty a tabulky), Závěr a Zhodnocení měření.

## Doplňující otázky

1. Jakými přístroji se měří relativní vlhkost vzduchu? Popište princip těchto přístrojů?
2. Jak se mění atmosférický tlak s nadmořskou výškou?
3. Srovnajte další webové stránky s meteorologickou stanicí (např. <http://hluchak.cz/?q=teploměr/>, <http://kdt-16.karlov.mff.cuni.cz/cz/mereni.html/>, <http://meteostanice.agrobiologie.cz/>).
4. Pokuste se provést podobný experiment v laboratoři nebo ve třídě. Jaké pomůcky budete k tomuto pokusu potřebovat?

## Použitá literatura

- [1] <http://ises.tym.cz/> [on-line] [cit. 2010-2-8].
- [2] Skřehot, P.: *Úvod do studia meteorologie*. [on-line] [cit. 2011-2-7]. Dostupné z [www.astronomie.cz/download/uvod-do-studia-meteorologie.pdf](http://www.astronomie.cz/download/uvod-do-studia-meteorologie.pdf).
- [3] *Encyklopedie meteorologie*. [on-line] [cit. 2011-2-7]. Dostupné z <http://www.meteocentrum.cz/encyklopedie/>.
- [4] Bohuněk, J., Kolářová, R., Štoll, I.: *Fyzika pro 9. ročník základní školy*. Prometheus, 1996.

## Příloha č. 30

### Pracovní list – vzdáleně ovládaný experiment

<b>Meteorologie (ZŠ)</b>	<b>Meteorologická stanice v Praze</b>
--------------------------	---------------------------------------

#### Fyzikální princip

Meteorologie je vědní obor, který se zabývá studiem jevů v atmosféře. Meteorologické poznatky běžně využíváme v mnoha odvětvích lidské činnosti, např. v zemědělství, vojenství, letecké a námořní dopravě apod. Základní meteorologické prvky jsou teplota vzduchu, vlhkost vzduchu, atmosférický tlak, směr a rychlost větru, sluneční svit, oblačnost a srážky.

Atmosféra je směsí plynů (viz tab. 1), v níž jsou dále přítomny vodní kapičky, ledové krystalky a různé znečišťující příměsi, které jsou přírodního původu (prachové částičky, pylová zrna), nebo se do atmosféry dostávají lidskou činností. Atmosféra Země sahá přibližně do výšky 1000 km. Podle závislosti teploty vzduchu na výšce se atmosféra Země dělí na troposféru, stratosféru, mezosféru, termosféru a exosféru.

Tab. 1 Složení suché a čisté atmosféry Země

plyn	chemická značka	% objemu
dusík	N <sub>2</sub>	78,084
kyslík	O <sub>2</sub>	20,948
argon	Ar	0,934
oxid uhličitý	CO <sub>2</sub>	0,031
neon	Ne	0,002
hélium	He	0,001

#### Cíl

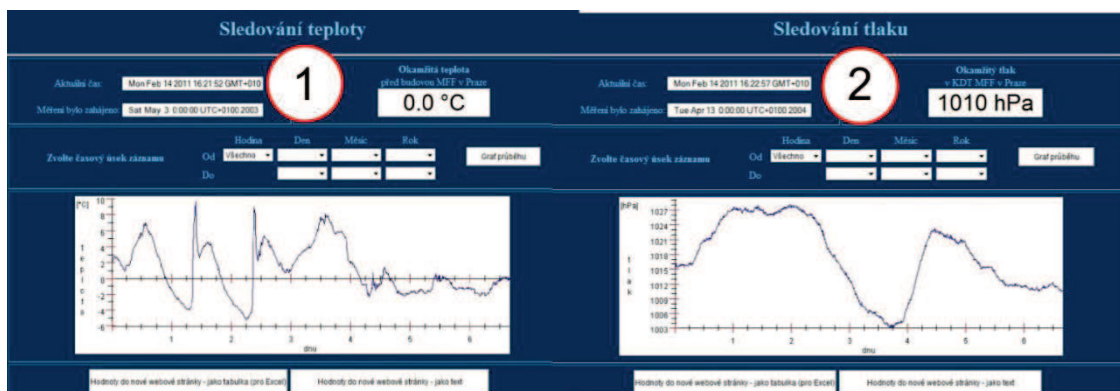
1. Seznámit se s vzdáleně ovládaným experimentem *Meteorologická stanice v Praze*.
2. Zaznamenat a analyzovat změny teploty, tlaku, slunečního svitu a přirozeného radioaktivního pozadí.
3. Srovnat výsledky z několika různých meteorologických stanic.
4. Vypracovat protokol o měření.

#### Pomůcky

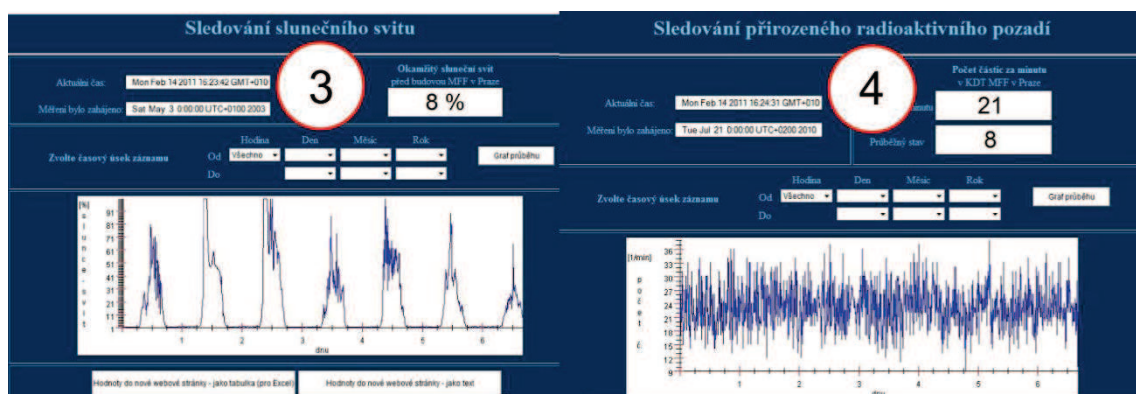
Počítač s připojením na internet.

#### Schéma

Na webové stránce <http://kdt-16.karlov.mff.cuni.cz/cz/mereni.html> (viz obr. 1 a 2) můžete sledovat a analyzovat teplotu (číslo 1), tlak (číslo 2), sluneční svit (číslo 3) nebo přirozenou radioaktivitu pozadí v Praze (číslo 4). Tento pokus neumožňuje měnit parametry měření (jedná se o tzv. remote sensing experiment). Měření probíhá 24 hodin denně a frekvence snímání naměřených hodnot je 1 minuta.



Obr. 1: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.



Obr. 2: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.

## Postup měření

1. Zapněte počítač a připojte se na internet. Experiment je umístěn na webové stránce <http://kdt-16.karlov.mff.cuni.cz/cz/mereni.html> (viz obr. 1-2).
2. Pokud by se na této webové stránce vyskytly chyby, vyzkoušejte tento experiment v jiném webovém prohlížeči a zkontrolujte, zda máte nainstalovanou nejnovější verzi programu JAVA, která je zdarma dostupná např. na stránce <http://java.com/>.
3. Na webové stránce, z které se experiment ovládá, zvolte jednu z proměnných (teplotu, tlak, sluneční svit nebo přirozenou radioaktivitu pozadí). Na panelu na webové stránce zadejte časový interval (např. 1 den, 1 týden apod.) a klikněte na tlačítko „Graf průběhu“. Na obrazovce se vám vykreslí graf pro dané období. Tyto hodnoty si můžete exportovat do Excelu, kliknutím na tlačítko „Hodnoty do nové webové stránky – jako tabulka (pro Excel)“. Popište vytvořený graf. Určete průměrnou hodnotu pro daný graf. Zaměřte se na maxima a minima v grafu a proveďte jejich rozbor, uveďte maximální a minimální hodnotu v grafu. Vyberte si stejné časové období, ale v jiném roce a srovnajte tyto dva grafy.
4. Nyní si vyberte jinou proměnnou (teplotu, tlak, sluneční svit nebo přirozenou radioaktivitu pozadí) a proveďte stejný postup jako v bodu 3. Tento postup opakujte pro všechny proměnné.
5. Vypracujte protokol o měření, který má standardní části: Úvod, Teoretická část, Experimentální část (naměřená data, grafy, výpočty a tabulky), Závěr a Zhodnocení měření.



## Doplňující otázky

1. Jakými přístroji se měří relativní vlhkost vzduchu? Popište princip těchto přístrojů?
2. Jak se mění atmosférický tlak s nadmořskou výškou?
3. Jakým přístrojem měříme srážky a jaký je princip těchto přístrojů?
4. Srovnejte další webové stránky s meteorologickou stanicí (např. <http://ises.tym.cz/>, <http://hluchak.cz/?q=teplomer/>, <http://meteostanice.agrobiologie.cz/>).
5. Pokuste se provést podobný experiment v laboratoři nebo ve třídě. Jaké pomůcky budete k tomuto pokusu potřebovat?

## Použitá literatura

- [1] <http://kdt-16.karlov.mff.cuni.cz/cz/mereni.html> [on-line] [cit. 2010-2-17].
- [2] Skřehot, P.: *Úvod do studia meteorologie*. [on-line] [cit. 2011-2-17]. Dostupné z [www.astronomie.cz/download/uvod-do-studia-meteorologie.pdf](http://www.astronomie.cz/download/uvod-do-studia-meteorologie.pdf).
- [3] *Encyklopedie meteorologie*. [on-line] [cit. 2011-2-17]. Dostupné z <http://www.meteocentrum.cz/encyklopedie/>.
- [4] Bohuněk, J., Kolářová, R., Štoll, I.: *Fyzika pro 9. ročník základní školy*. Prometheus, Praha, 1996.

## Příloha č. 31

### Pracovní list – vzdáleně ovládaný experiment

<b>Vzdálené řízení (ZŠ)</b>	<b>Regulace vodní hladiny</b>
-----------------------------	-------------------------------

#### **Fyzikální princip**

U tohoto experimentu máte možnost seznámit se se základním principem vzdáleně ovládaných experimentů. Vzdáleně ovládané experimenty jsou skutečné reálné experimenty, které jsou sestaveny někde v laboratoři a jsou připojeny k počítači. Díky vhodnému softwaru je lze ovládat prostřednictvím internetu z libovolného místa v libovolném čase. Můžete tedy provádět měření v laboratoři, která je od vás stovky či tisíce kilometrů vzdálená. K experimentu může být v jeden okamžik připojeno více uživatelů, ale pouze jeden je může ovládat, ostatní musí počkat ve frontě.

Experiment je sestaven z nádoby, čerpadla s uzavřeným cirkulujícím okruhem a detekčním systémem (kovová sonda, která reaguje na změnu vodivosti při dotyku vodní hladiny). Součástí experimentu je i relé, které slouží k zapínání a vypínání čerpadla.

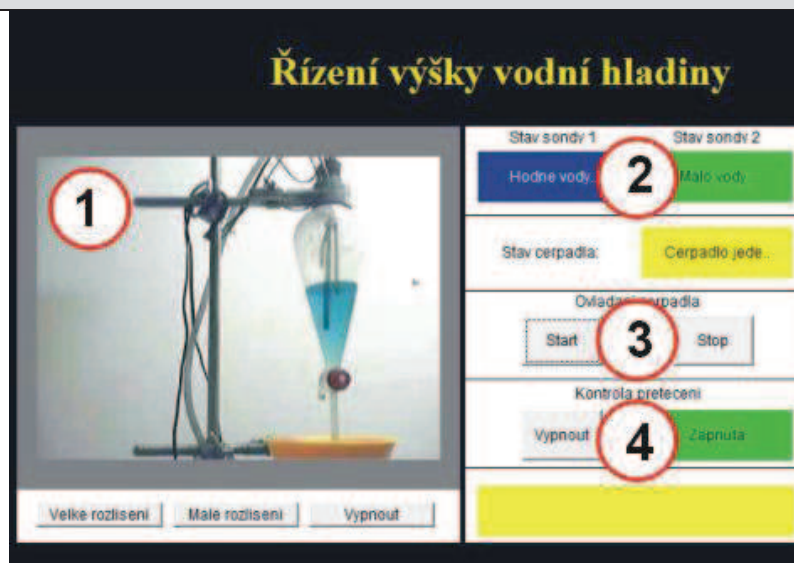
#### **Cíl**

1. Seznámit se s vzdáleně ovládaným experimentem *Regulace vodní hladiny*.
2. Vyzkoušet si vzdálené řízení experimentu přes internet.

#### **Pomůcky**

Počítač s připojením na internet.

## Schéma



Obr. 1: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.

Na webové stránce <http://kdt-14.karlov.mff.cuni.cz/cz/mereni.html> (viz obr. 1) se v levé části nachází obraz z webové kamery, která sleduje aktuální změny na skutečném, reálném experimentu (číslo 1). V pravé části stránky, se zobrazuje množství vody v nádobě a stav čerpadla (číslo 2). Dále zde máte možnost ovládat čerpadlo pomocí tlačítek "Start" a "Stop" (číslo 3) a také vypnout nebo zapnout kontrolu přetečení nádoby (číslo 4).

## Postup měření

1. Zapněte počítač a připojte se na internet. Experiment je umístěn na webové stránce <http://kdt-14.karlov.mff.cuni.cz/cz/mereni.html> (viz obr. 1).
2. Pokud by se na této webové stránce vyskytly chyby, vyzkoušejte tento experiment v jiném webovém prohlížeči a zkontrolujte, zda máte nainstalovány nejnovější verzi programu JAVA, která je zdarma dostupná např. na stránce <http://java.com/>.
3. Pokud je vše v pořádku lze přejít k nastavování hodnot. Klikněte na tlačítko "Start" a pozorujte, jak se nádoba postupně zaplňuje obarvenou tekutinou. Po stisknutí tlačítka "Stop" se nádoba začne vyprazdňovat. Nyní vypněte kontrolu přetečení (tlačítko "Vypnout") a opět klikněte na "Start". Sledujte změny, které se zobrazují na webové stránce.
4. Vypracujte protokol o měření, který má standardní části: Úvod, Teoretická část, Experimentální část (naměřená data, grafy, výpočty a tabulky), Závěr a Zhodnocení měření.

## Doplňující otázky

1. Který děj trvá déle? Naplňování nádoby tekutinou nebo vypuštění tekutiny z nádoby?
2. Změřte čas naplnění a vyplnění nádoby.
3. Pokuste se provést podobný experiment v laboratoři nebo ve třídě. Jaké pomůcky budete k tomuto pokusu potřebovat?

## Použitá literatura

- [1] <http://www.ises.info/>. [on-line] [cit. 2010-12-13].

## Příloha č. 32

### Pracovní list – vzdáleně ovládaný experiment

<b>Vzdálené řízení (ZŠ)</b>	<b>Robot v bludišti</b>
-----------------------------	-------------------------

#### Fyzikální princip

U tohoto experimentu máte možnost seznámit se se základním principem vzdáleného řízení. V technické praxi se člověk často setkává s případem, že z nejrůznějších důvodů (finančních, bezpečnostních, technických apod.) nemůže být přímo v místnosti, kde probíhá měření nebo ovládání nějakého přístroje resp. experimentu. Díky vhodnému softwaru lze ovšem prostřednictvím internetu vzdáleně ovládat přístroj resp. experiment z libovolného místa na světě v libovolném čase. Můžete tedy provádět měření v laboratoři, která je od vás stovky či tisíce kilometrů vzdálená. K experimentu může být v jeden okamžik připojeno více uživatelů, ale pouze jeden jej může ovládat, ostatní musí počkat ve frontě. Experiment představuje vzdálené ovládání pohybu robota cestami labyrintu.

#### Cíl

1. Seznámit se s vzdáleně ovládaným experimentem *Robot v bludišti*.
2. Vyzkoušet si vzdálené řízení experimentu přes internet.

#### Pomůcky

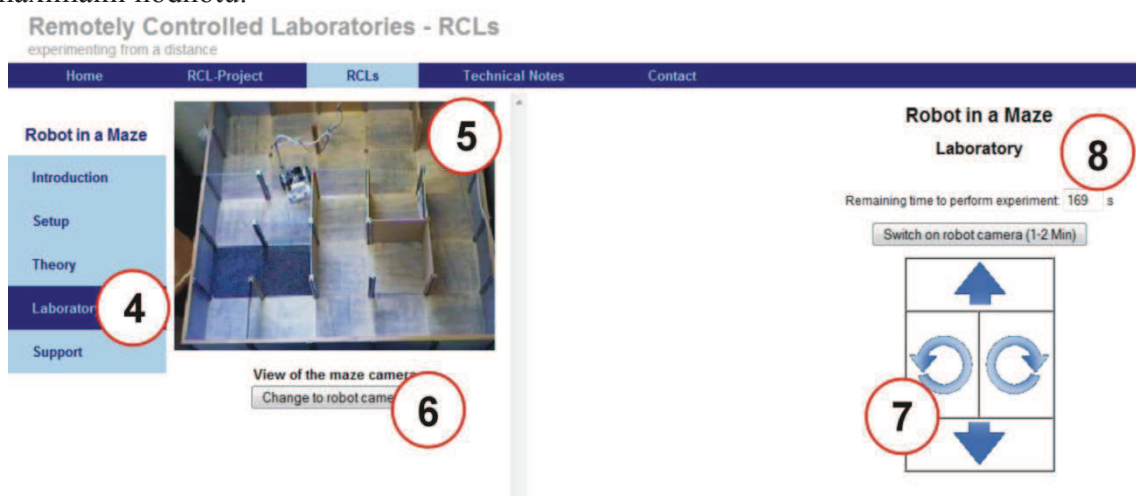
Počítač s připojením na internet.

#### Schéma



Obr. 1: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.

Na webové stránce <http://rcl.physik.uni-kl.de/> (viz obr. 1) si nejprve vyberte jazykovou mutaci (nejlépe angličtinu, viz číslo 1) a poté klikněte na nápis "RCLs" v horní modré liště (viz číslo 2). Na další webové stránce se vám v levé části zobrazí seznam vzdáleně ovládaných experimentů. Klikněte na položku s názvem "Robot in a Maze" (viz číslo 3) a otevře se vám nová webová stránka s tímto experimentem (viz obr. 2). Na této webové stránce si můžete v levém modrém sloupci přečíst o tomto experimentu (teorie, sestava experimentu apod.). Pokud chcete přejít k měření, musíte kliknout na nápis "Laboratory" (viz číslo 4). V levé části obrazovky je obraz z webové kamery, který sleduje aktuální změny na experimentu (viz číslo 5). Pod tímto obrazem z webové kamery je tlačítko (viz číslo 6), které umožňuje přepínat mezi dvěma webovými kamerami (celkový pohled; pohled z robota). V pravé části webové stránky je možno ovládat pohyb robota (viz číslo 7). V horní části stránky (viz číslo 8) se odpočítává čas, který ještě máte k provádění experimentu. Maximální čas je 200s. Při jakékoliv aktivitě na stránce se čas zpět nastaví na maximální hodnotu.



Obr. 2: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.

## Postup měření

1. Zapněte počítač a připojte se na internet. Experiment je umístěn na webové stránce <http://rcl.physik.uni-kl.de/> (viz obr. 1-2).
2. Pokud by se na této webové stránce vyskytly chyby, vyzkoušejte tento experiment v jiném webovém prohlížeči.
3. Pokud je vše v pořádku lze přejít k ovládání robota. Pomocí tlačítek v levé části webové stránky (viz číslo 7) se pokuste s robotem dostat do části labyrintu s tmavou podlahou. Přepněte si na pohled z druhé webové kamery (viz číslo 6) a pokuste se projít labyrintem.
4. Vypracujte protokol o měření, který má standardní části: Úvod, Teoretická část, Experimentální část (naměřená data, grafy, výpočty a tabulky), Závěr a Zhodnocení měření.

## Doplňující otázky

1. Která z webových kamer umožňovala lepší orientaci v labyrintu a proč?
2. Pokuste se provést podobný experiment v laboratoři nebo ve třídě. Jaké pomůcky budete k tomuto pokusu potřebovat?

## Použitá literatura

- [1] <http://rcl.physik.uni-kl.de/> [on-line] [cit. 2011-4-13].

## Příloha č. 33

### Pracovní list – vzdáleně ovládaný experiment

<b>Meteorologie (ZŠ)</b>	<b>Meteorologická stanice v Olomouci</b>
--------------------------	--

#### Fyzikální princip

Meteorologie je vědní obor, který se zabývá studiem jevů v atmosféře. Meteorologické poznatky běžně využíváme v mnoha odvětvích lidské činnosti, např. v zemědělství, vojenství, letecké a námořní dopravě apod. Základní meteorologické prvky jsou teplota vzduchu, vlhkost vzduchu, atmosférický tlak, směr a rychlost větru, sluneční svit, oblačnost a srážky.

Atmosféra je směsí plynů (viz tab. 1), v níž jsou dále přítomny vodní kapičky, ledové krystalky a různé znečišťující příměsi, které jsou přírodního původu (prachové částičky, pylová zrna), nebo se do atmosféry dostávají lidskou činností. Atmosféra Země sahá přibližně do výšky 1000 km. Podle závislosti teploty vzduchu na výšce se atmosféra Země člení na troposféru, stratosféru, mezosféru, termosféru a exosféru.

Tab. 1 Složení suché a čisté atmosféry Země

plyn	chemická značka	% objemu
dusík	N <sub>2</sub>	78,084
kyslík	O <sub>2</sub>	20,948
argon	Ar	0,934
oxid uhličitý	CO <sub>2</sub>	0,031
neon	Ne	0,002
hélium	He	0,001

#### Cíl

1. Seznámit se s vzdáleně ovládaným experimentem *Meteorologická stanice v Olomouci*.
2. Zaznamenat a analyzovat změny teploty, tlaku, vlhkosti a intenzity Slunce.
3. Srovnat výsledky z několika různých meteorologických stanic.
4. Vypracovat protokol o měření.

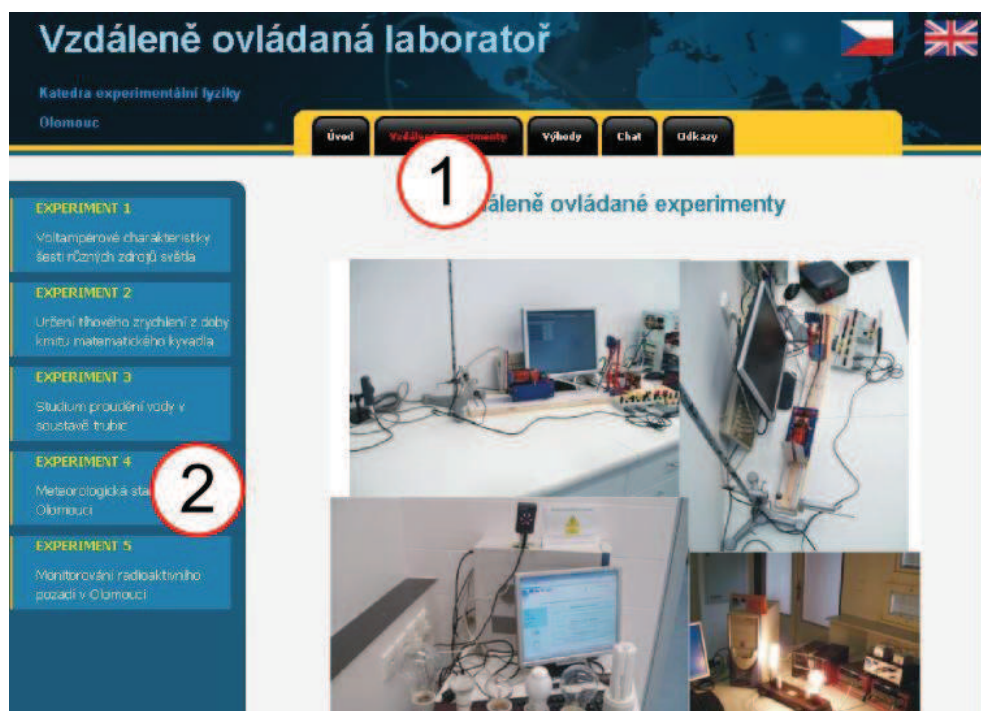
#### Pomůcky

Počítač s připojením na internet.

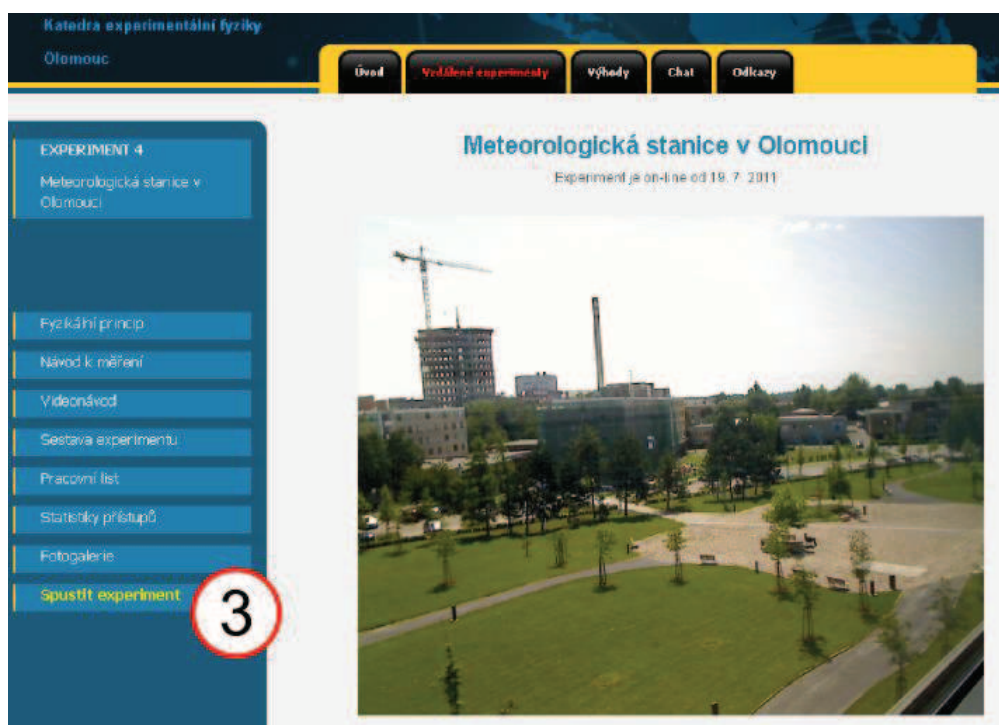
#### Schéma

Na webové stránce <http://www.ictphysics.upol.cz/remotelab/> (viz obr. 1) klikněte na tlačítko s červeným nápisem "*Vzdálené experimenty*" (číslo 1) a poté si vyberte experiment 4 "*Meteorologická stanice v Olomouci*" (číslo 2). Na další webové stránce (viz obr. 2) si můžete přečíst fyzikální princip daného měření, podívat se na návod, či videonávod, jak experiment ovládat a prohlédnout si z jakých přístrojů a modulů je experiment složen. Také si zde můžete stáhnout pracovní list k měření. Pokud chcete přejít přímo k měření, je třeba kliknout na záložku se žlutým názvem "*Spustit experiment*" (číslo 3). Na nové webové stránce (viz obr. 3) můžete sledovat aktuální on-line hodnoty teploty,

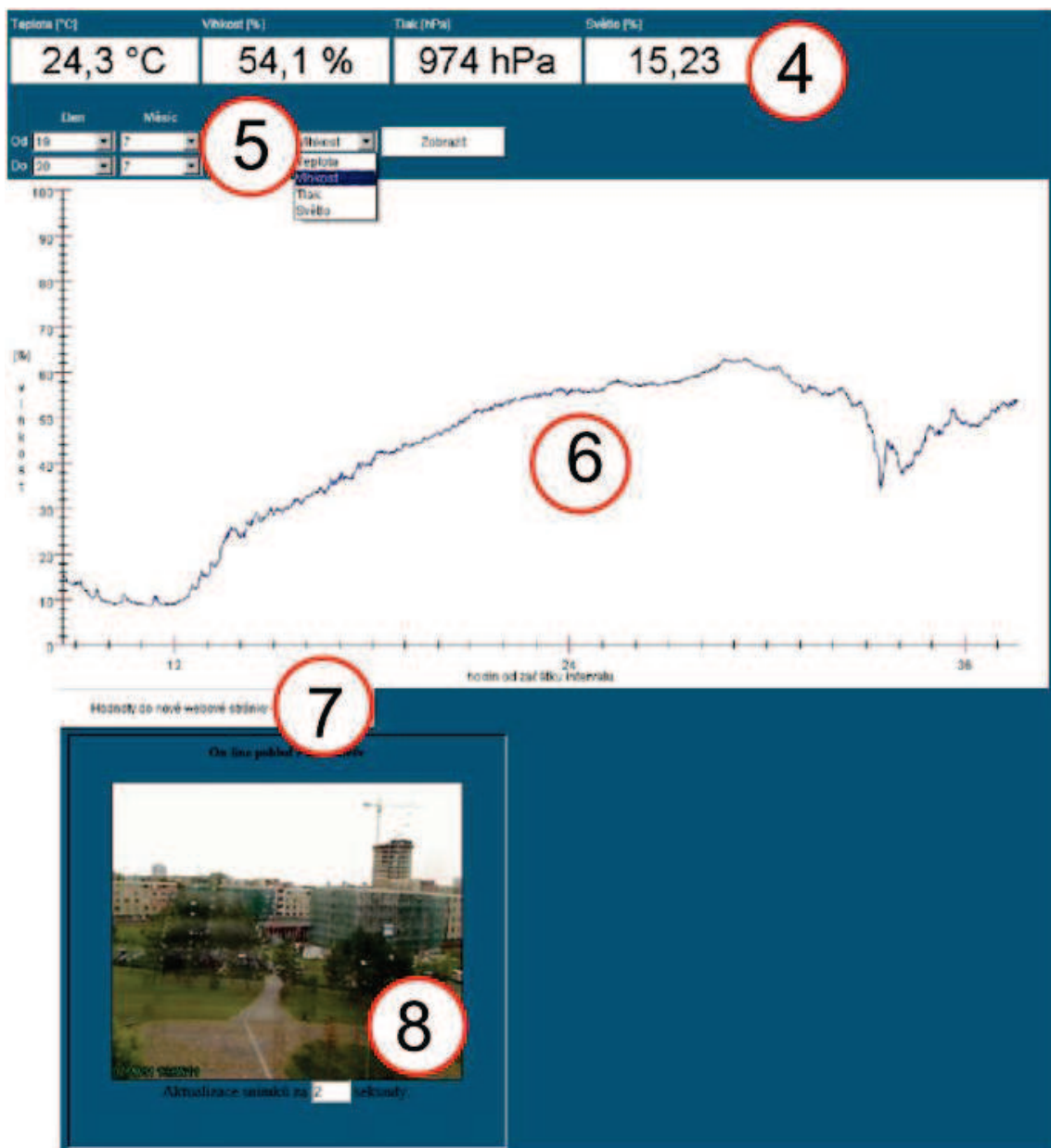
vlhkosti, tlaku a intenzity světla (číslo 4), které zaznamenává měřicí modul v laboratoři na Přírodovědecké fakultě v Olomouci. Měření probíhá nonstop od 19. 7. 2011. Na webové stránce si můžete vybrat libovolný časový interval (číslo 5) a naměřená data z tohoto období se zobrazí v grafu (číslo 6) na stránce. Tyto hodnoty lze získat i v číselné podobě a to kliknutím na tlačítko „Hodnoty do nové webové stránky“ (číslo 7). Data lze dále kopírovat např. do Excelu. Aktuální on-line pohled z laboratoře je zobrazen v dolní části obrazovky (číslo 8).



Obr. 1: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.



Obr. 2: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.



Obr. 3: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.

### Postup měření

1. Zapněte počítač a připojte se na internet. Experiment je umístěn na webové stránce <http://www.ictphysics.upol.cz/remotelab/> (viz obr. 1-3).
2. Pokud by se na této webové stránce vyskytly chyby, vyzkoušejte tento experiment v jiném webovém prohlížeči a zkontrolujte, zda máte nainstalovanou nejnovější verzi programu JAVA, která je zdarma dostupná např. na stránce <http://java.com/>.
3. Na webové stránce, z které se experiment ovládá, zvolte jednu z proměnných (teplotu, tlak, vlhkost nebo intenzitu Slunce, viz číslo 5 na obr. 3). Na panelu na webové stránce zadejte časový interval a klikněte na tlačítko „Zobrazit“. Na obrazovce se vám vykreslí graf pro dané období. Tyto hodnoty si můžete v číselné podobě exportovat do nové webové stránky kliknutím na tlačítko „Hodnoty do nové webové stránky“ a z této nové stránky můžete data kopírovat např. do Excelu.
4. Popište průběh vytvořeného grafu. Určete průměrnou hodnotu pro daný graf. Zaměřte se na maxima a minima v grafu a proveďte jejich rozbor, uveďte maximální a



minimální hodnotu v grafu. Vyberte si stejné časové období, ale v jiném měsíci a srovnajte tyto dva grafy.

5. Nyní si vyberte jinou proměnnou (teplotu, tlak, vlhkost nebo intenzitu Slunce) a proveďte stejný postup jako v bodu 3. Tento postup opakujte pro všechny proměnné.
6. V záložce Sestava experimentu (viz obr. 2) si najděte, v jaké nadmořské výšce se nachází měřicí modul tohoto experimentu, a z naměřených hodnot dopočítejte hodnotu tlaku pro výšku 0 m nad mořem.
7. Vypracujte protokol o měření, který má standardní části: Úvod, Teoretická část, Experimentální část (naměřená data, grafy, výpočty a tabulky), Závěr a Zhodnocení měření.

### Doplňující otázky

1. Jakými přístroji se měří relativní vlhkost vzduchu? Popište princip těchto přístrojů?
2. Jak se mění atmosférický tlak s nadmořskou výškou?
3. Srovnajte další webové stránky s meteorologickou stanicí (např. <http://hluchak.cz/?q=teplomer/>, <http://kdt-16.karlov.mff.cuni.cz/cz/mereni.html/>, <http://meteostanice.agrobiologie.cz/>).
4. Pokuste se provést podobný experiment v laboratoři nebo ve třídě. Jaké pomůcky budete k tomuto pokusu potřebovat?

### Použitá literatura

- [1] <http://www.ictphysics.upol.cz/remotelab/> [on-line] [cit. 2011-8-11].
- [2] Skřehot, P.: *Úvod do studia meteorologie*. [on-line] [cit. 2011-8-12]. Dostupné z [www.astronomie.cz/download/uvod-do-studia-meteorologie.pdf](http://www.astronomie.cz/download/uvod-do-studia-meteorologie.pdf).
- [3] *Encyklopedie meteorologie*. [on-line] [cit. 2011-8-12]. Dostupné z <http://www.meteocentrum.cz/encyklopedie/>.
- [4] Bohuněk, J., Kolářová, R., Štoll, I.: *Fyzika pro 9. ročník základní školy*. Prometheus, Praha, 1996.

## Příloha č. 34

### Pracovní list – vzdáleně ovládaný experiment

<b>Radioaktivita (ZŠ)</b>	<b>Monitorování radioaktivního pozadí v Olomouci</b>
---------------------------	--

#### Fyzikální princip

Radioaktivitou rozumíme schopnost některých atomových jader vysílat záření. Při tom se takové jádro může přeměnit v jiné nebo alespoň ztratí část své energie. Při jaderné přeměně se mění struktura jádra, jeden nuklid se mění v jiný.

V roce 1896 objevil francouzský fyzik A. H. Becquerel přirozenou radioaktivitu. A. H. Becquerel se zabýval výzkumem fosforescence některých látek. Při použití uranové soli zjistil, že tato látka vydává záření i bez předchozího osvětlení, a má tedy svůj vlastní vnitřní zdroj energie. Postupně bylo zjištěno, že existuje několik druhů radioaktivního záření:

- **Záření alfa** – představuje svazek rychle letících jader atomu helia (tvořený dvěma protony a dvěma neutrony). Pohlcuje se již listem papíru a ve vzduchu se pohltí po uběhnutí několika centimetrů. Záření alfa se vychyluje jak v elektrickém, tak v magnetickém poli.
- **Záření beta** – je tvořeno rychle letícími elektrony. Pohlcuje se tenkým hliníkovým plechem. Také se vychyluje v elektrickém a magnetickém poli, ale na opačnou stranu než záření alfa.
- **Záření gama** – je nejpronikavější. Jedná se o elektromagnetické záření. V elektrickém ani magnetickém poli se nevychyluje. Lze oslabit např. silnou vrstvou olova.

#### Cíl

1. Seznámit se s vzdáleně ovládaným experimentem *Monitorování radioaktivního pozadí v Olomouci*.
2. Seznámit s měřením přirozené radioaktivity.
3. Porovnat výsledky měření s hodnotami z jiných míst v ČR.
4. Vypracovat protokol o měření.

#### Pomůcky

Počítač s připojením na internet.

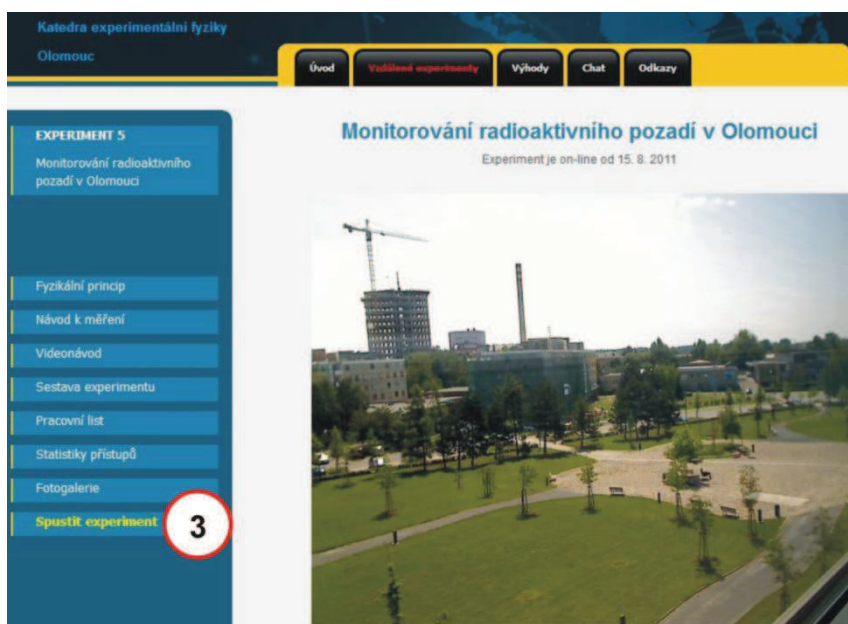
#### Schéma

Na webové stránce <http://www.ictphysics.upol.cz/remotelab/> (viz obr. 1) klikněte na tlačítko s červeným nápisem "*Vzdálené experimenty*" (číslo 1) a poté si vyberte experiment 5 "*Monitorování radioaktivního pozadí v Olomouci*" (číslo 2). Na další webové stránce (viz obr. 2) si můžete přečíst fyzikální princip daného měření, podívat se na návod, či videonávod, jak experiment ovládat a prohlédnout si z jakých přístrojů a modulů je experiment složen. Také si zde můžete stáhnout pracovní list k měření. Pokud chcete přejít

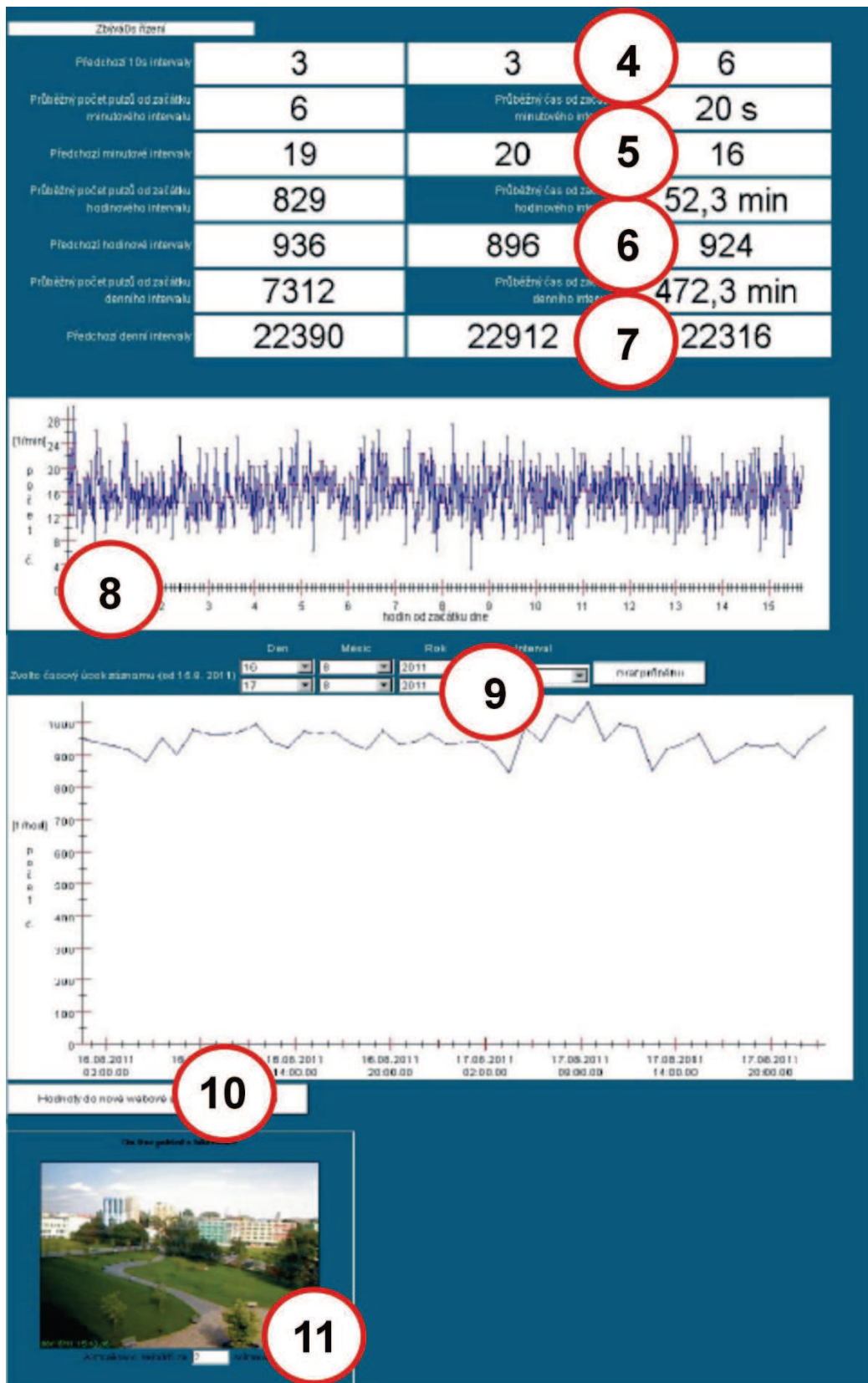
přímo k měření, je třeba kliknout na záložku se žlutým názvem "Spustit experiment" (číslo 3). Na nové webové stránce (viz obr. 3) můžete sledovat počet radioaktivních částic, které dopadly na Geiger-Müllerův čítač v laboratoři během posledních 30s (tři čísla, každé odpovídá 10s, číslo 4). Dále je zde uveden počet částic, které zaznamenal čítač během posledních tří minut (tři čísla, každé odpovídá 1 minutě, číslo 5), tři hodin (tři čísla, každé odpovídá 1 hodině, číslo 6) a posledních tří dnů (tři čísla, každé 1 dni, číslo 7). Záznam hodnot probíhá nonstop od 15. 8. 2011 a naměřená data se zobrazují v grafu (číslo 8). Na webové stránce si můžete vybrat libovolný časový interval (číslo 9) a naměřená data z tohoto období se zobrazí v grafu. Zaznamenané hodnoty lze získat i v číselné podobě a to kliknutím na tlačítko „Hodnoty do nové webové stránky“ (číslo 10). Data lze dále kopírovat např. do Excelu. Aktuální on-line pohled z laboratoře je zobrazen v dolní části obrazovky (číslo 11).



Obr. 1: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.



Obr. 2: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.



Obr. 3: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.

## Postup měření

1. Zapněte počítač a připojte se na internet. Experiment je umístěn na webové stránce <http://www.ictphysics.upol.cz/remotelab/> (viz obr. 1-3).
2. Pokud by se na této webové stránce vyskytly chyby, vyzkoušejte tento experiment v jiném webovém prohlížeči a zkontrolujte, zda máte nainstalovány nejnovější verzi programu JAVA, která je zdarma dostupná např. na stránce <http://java.com/>.
3. Sledujte měřené hodnoty na stránce. Popište, zda pozorujete výrazné změny v počtu částic, které dopadly na senzor v posledních třech hodinách (nebo v posledních třech dnech).
4. Na panelu na webové stránce zadejte časový interval (viz číslo 9, obr. 3) a klikněte na tlačítko „*Graf průběhu*“. Na obrazovce se vám vykreslí graf pro dané období. Tyto hodnoty si můžete v číselné podobě exportovat do nové webové stránky kliknutím na tlačítko „*Hodnoty do nové webové stránky*“ a z této nové stránky můžete data kopírovat např. do Excelu.
5. Popište průběh vytvořeného grafu. Určete průměrnou hodnotu pro daný graf. Zaměřte se na maxima a minima v grafu a proveďte jejich rozbor, uveďte maximální a minimální hodnotu v grafu. Vyberte si stejné časové období, ale v jiném měsíci a srovnajte tyto dva grafy.
6. Navštivte webovou stránku <http://kdt-26.karlov.mff.cuni.cz/>, kde je stejný experiment, který je ovšem umístěn v Praze. Vyberte si stejný časový úsek a porovnejte naměřené hodnoty z těchto dvou různých laboratoří (jedna v Olomouci, druhá v Praze).
7. Vypracujte protokol o měření, který má standardní části: Úvod, Teoretická část, Experimentální část (naměřená data, grafy, výpočty a tabulky), Závěr a Zhodnocení měření.

## Doplňující otázky

1. Radioaktivita může být pro člověka i prospěšná. Vyjmenujte některé příklady využití radioaktivity?
2. Jakými přístroji se měří radioaktivita?
3. Vysvětlete pojmy přirozená a umělá radioaktivita.
4. Vyhledejte a stručně popište jaderné havárie (např. Černobyl, 1986 nebo Japonsko, 2011).
5. Pokuste se provést podobný experiment ve své školní laboratoři fyziky. Jaké pomůcky budou k tomuto pokusu potřeba?

## Použitá literatura

- [1] Lepil, O., Šedivý, P.: *Fyzika pro gymnázia. Fyzika mikrosvěta*. Prometheus, Praha, 2002.
- [2] <http://www.ictphysics.upol.cz/remotelab/> [on-line] [cit. 2011-8-16].
- [3] <http://kdt-26.karlov.mff.cuni.cz/> [on-line] [cit. 2011-8-23].
- [4] Reichl, J.: Fyzika [online]. [cit. 2011-8-15]. *Encyklopedie fyziky*. Dostupné z WWW: <<http://fyzika.jreichl.com/>>.
- [5] Svoboda, E. a kol.: *Přehled středoškolské fyziky*. Prometheus, Praha, 1996.

## Příloha č. 35

### European Remote Experiment and Simulations Laboratory (EURESLAB)

**Coordinator:** Christian Thomsen, Technische Universität Berlin

Table 1: List of participants:

Participant no.	Participant organization name	short name	Country
1 (Coordinator)	Technische Universität Berlin	TUB	DE
2	Delft University of Technology	TUD	NL
3	University of Cambridge	UCAM	UK
4	Computational Modelling Cambridge Limited	CMCL	UK
5	Rheinisch Westfälische Hochschule	RWTH	DE
<b>6</b>	<b>Palacky University Olomouc</b>	<b>PUO</b>	<b>CZ</b>
7	Algoryx Simulations AB	ALS	SE
8	Lokando AG	LAG	DE
9	Open University of the Netherlands	OUNL	NL

#### **Abstract:**

Remote experiments and virtual simulations have become a growing and essential part of education in European primary, and secondary high schools, and universities. Their broad accessibility and continuous availability, their progress in reliability and versatility, and their potential low-cost access to the general public have made them an increasingly important part of education. Yet they are generally driven by an institutional help-yourself-approach and lack easy access, user-driven participatory contributions and intuitive performance. Financial support for remote experiments and virtual simulations has largely been provided by publically funded projects, a model for their sustained maintenance is lacking.

This project will create access to Europe's resources in remote experiments and virtual simulations in a highly interactive way. Users will be able to create authentic learning environments, design user-adapted pedagogical content in a participatory way and give feedback on quality and reliability issues. Progress will be driven by acceptance, engagement and user collaborations. The project will provide a meta-search engine with a set of meta-data for both remote experiments and virtual simulations and design and implement a standardized graphical user interface for remote experiments and virtual simulations. It will foster the community of learners, including live-long-learning concepts, by stimulating user-created content and evaluation addressing schools and long-distance learning institutions in addition to higher education institutions. The project will introduce the concept of robotics and gaming into learning with modern media and provide several advanced remote and virtual experiments. We will also systematically address the diversity of learners and provide guidelines for sustained financing of multimedia-based learning and teaching.

# Curriculum vitae

---

## *Studijní povinnosti:*

- 29. 1. 2009 – Řízení experimentu počítačem (KEF/PGSRE)  
vyučující: doc. Ing. Luděk Bartoněk, Ph.D.
  - 28. 1. 2010 – Teoretické problémy fyzikálních experimentů (KEF/PGSFE)  
vyučující: RNDr. Renata Holubová, CSc.
  - 3. 3. 2010 – Trendy v pregraduální přípravě učitele v edukačně vyspělých zemích a jejich komparace (KEF/PGSTP)  
vyučující: prof. RNDr. Danuše Nezvalová, CSc.
  - 8. 2. 2011 – Moderní výukové technologie ve vyučování fyzice (KEF/PGSVT)  
vyučující: Mgr. Jan Říha, Ph.D.
  - 11. 2. 2011 – Jazyková zkouška (KEF/PGSJZ)
  - 13. 6. 2011 – Státní doktorská zkouška (KEF/PGSZZ)
- 

## *Publikační činnost:*

- **J<sub>neimp</sub>** – Recenzovaný neimpaktovaný článek – 6x (4x zahraniční, 2x domácí)
  - **D** – Článek ve sborníku – 11x (4x zahraniční, 7x domácí)
  - **Skriptum** – 1x
1. ŘÍHA, J. – KAINZOVÁ, V. – LÁTAL, F.: Remote experiment in teaching Physics. In *Proceedings of the Information & Communication Technology in Natural Science Education – 2008*. 27. – 30. 11. 2008. Šiauliai: Šiauliai University, Lithuania, p. 88-90. ISBN 978-9986-38-943-9.
  2. LÁTAL, F.: Vzdáleně ovládaný experiment ve výuce fyziky. In *Studentská vědecká soutěž „O cenu děkana 2009“*. Sborník příspěvků. 13. 5. 2009. Olomouc: Univerzita Palackého, s. 121-126. ISBN 978-80-244-2450-7.
  3. LÁTAL, F.: Informační a komunikační technologie ve výuce fyziky na PřF UP v Olomouci. In *Studentská vědecká soutěž „O cenu děkana 2009“*. Sborník příspěvků. 13. 5. 2009. Olomouc: Univerzita Palackého, s. 128. ISBN 978-80-244-2450-7.
  4. ŘÍHA, J. – RICHTEREK, L. – LÁTAL, F. – VYŠÍN, I.: Software Mathematica and Other Tools in Teaching Physics. In *Proceedings of the Development of Science and Technology Education in Central and Eastern Europe: 7<sup>th</sup> IOSTE Symposium for Central and Eastern Europe*. 14. – 18. 6. 2009. Šiauliai: Šiauliai University, Lithuania, p. 129-134. ISBN 978-9986-38-978-1.
  5. LÁTAL, F.: Porovnání charakteristik klasické a úsporné žárovky s využitím vzdáleně ovládané laboratoře. In *Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 14*. 25. – 27. 8. 2009. Brno: Masarykova univerzita, s. 147-151. ISBN 978-80-210-5022-8.
  6. LÁTAL, F. – ŘÍHA, J.: Remotely controlled experiment: Comparison of volt-ampere characteristics between incandescent and energy saving light bulb. *Problems of Education in the 21<sup>st</sup> Century*. Didactics of natural science education and information & communication technologies. Vol. 17, 2009, p. 119-124. ISSN 1822-7864.

ABSTRACT <<http://journals.indexcopernicus.com/abstracted.php?level=5&icid=900329>>

*(Problems of Education in the 21<sup>st</sup> Century (ISSN 1822-7864) is periodical, peer reviewed scientific journal. This scientific journal is indexed in Index Copernicus (<http://journals.indexcopernicus.com>). Index Copernicus Value (2009) – 5,38.)*

7. **LÁTAL, F. – HOLUBOVÁ, R.:** Remote experiments – New approaches to physical experimentation. *Proceedings of the Union of Scientists – Ruse*. Book 5. Mathematics, Informatics and Physics. Vol. 7, 2010, p. 73-78. ISSN 1311-9184.

*(Proceedings of the Union of Scientists – Ruse (ISSN 1311-9184) is periodical, peer reviewed scientific journal.)*

8. **LÁTAL, F.:** Remote control experiments in physics education. In *Proceedings of the НАЦИОНАЛНА КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ВЪПРОСИТЕ НА ОБУЧЕНИЕТО ПО ФИЗИКА*. 8. – 10. 4. 2010. Lovech: Bulgaria, p. 162-165. ISBN 978-954-580-279-9.
9. **LÁTAL, F.:** Rozvoj vzdáleně ovládaných experimentů ve výuce fyziky. In *Sborník recenzovaných příspěvků z konference Studentská vědecká konference 2010*. Věda má budoucnost. 13. 5. 2010. Ostrava: Ostravská univerzita, s. 99-102. ISBN 978-80-7368-719-9.
10. **LÁTAL, F. – NAVARŤÍK, J.:** Školní vzdáleně ovládané experimenty. In *Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 15*. 3. – 5. 9. 2010. Praha: Karlova univerzita, s. 137-141. ISBN 978-80-7196-417-9.
11. **LÁTAL, F.:** Vzdálená laboratoř – srovnání šesti žárovek. In *Sborník recenzovaných příspěvků z konference Mladí vedci 2010. XI. mezinárodní vědecká konferencia doktorandov, mladých vědeckých a pedagogických pracovníkov*. 23. 9. 2010. Nitra: Univerzita Konštantína Filozofa, s. 570-575. ISBN 978-80-8094-742-2.

12. **LÁTAL, F.:** Vzdáleně ovládané experimenty na internetu. *MATEMATIKA – FYZIKA – INFORMATIKA*, r. 20 (2010/2011), č. 6, s. 356-360. ISSN 1210-1761.

*(Časopis Matematika – fyzika - informatika (ISSN 1210-1761) je pravidelně vycházející, recenzovaný, vědecký časopis a je zařazen do "Seznamu recenzovaných neimpaktovaných periodik" schváleného Radou pro výzkum a vývoj.)*

13. **LÁTAL, F.:** Postoje studentů k vzdáleně ovládaným experimentům. *Empirie*, č. 1/2011, s. 9-13. ISSN 1804-5715.

*(Časopis Empirie (ISSN 1804-5715) je pravidelně vycházející, recenzovaný, vědecký časopis.)*

14. **VOLNÁ, M. – LÁTAL, F. – KAINZOVÁ, V. – ŘÍHA, J.:** Modern tools for popularization and motivation students in physics teaching. *Problems of Education in the 21<sup>st</sup> Century. Issues in Science and Technology Education – 2011*. Vol. 31, 2011, p. 112-118. ISSN 1822-7864.

ABSTRACT <<http://journals.indexcopernicus.com/abstracted.php?level=5&icid=952425>>

*(Problems of Education in the 21<sup>st</sup> Century (ISSN 1822-7864) is periodical, peer reviewed scientific journal. This scientific journal is indexed in Index Copernicus (<http://journals.indexcopernicus.com>).*

15. **ŘÍHA, J. – LÁTAL, F. – KAINZOVÁ, V. – MOŠOVÁ, V. – VYŠÍN, I. – ŠVRČEK, F., RICHTEREK, L.:** *Software Mathematica v přírodních vědách a ekonomii*. Olomouc: Univerzita Palackého. **v tisku**
16. **LÁTAL, F.:** Vernier a LabVIEW ve vzdálených laboratořích. In *Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 16*. 2. – 4. 9. 2011. Olomouc: Univerzita Palackého, s. 159-164. ISBN 978-80-244-2894-9.
17. **LÁTAL, F.:** Three remotely controlled experiments. In *Proceedings of the Information and Communication Technology in Education. ICTE 2011*. 12. – 15. 9. 2011. Rožnov pod Radhoštěm, p. 203-208. ISBN 978-80-7368-979-7.



18. **LÁTAL, F.:** Remote teaching laboratories in physics lessons – Attitudes of students and teachers to the remotely controlled experiments. *Problems of Education in the 21<sup>st</sup> Century*. Vol. 37, 2011, p. 83-89. ISSN 1822-7864.

ABSTRACT <<http://journals.indexcopernicus.com/abstracted.php?level=5&icid=971464>>

(*Problems of Education in the 21<sup>st</sup> Century* (ISSN 1822-7864) is periodical, peer reviewed scientific journal. This scientific journal is indexed in Index Copernicus (<http://journals.indexcopernicus.com>)).

---

Reference na vytvořené webové stránky (<http://ictphysics.upol.cz/remotelab/>) se vzdáleně ovládanými experimenty ve vědeckých publikacích:

- Lepil, O.: *Teorie a praxe tvorby výukových materiálů*. Kapitola 4. Počítačem podporovaný experiment. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 2010. ISBN 978-80-244-2489-7.
  - Devidayal Soman et al.: *Extending study of ferromagnetic material via dynamic magnetic hysteresis modelling and remote-triggered hardware. A Project Report*. Amrita School of Engineering, Amritapuri, India, 2011.
  - Žovínová, M.: Vzdialený reálny experiment „Voľný pád“ jako súčasť stratégie integrovaného e-Learningu. In *Študentská vedecká konferencia*. FMFI UK, Bratislava, 2010. ISBN 978-80-89186-68-6.
  - Ožvoldová, M., Žovínová, M.: Multimediálna učebná pomôcka na báze stratégie integrovaného e-Learningu. In *Tvorivý učiteľ fyziky III*. Národný festival fyziky 2010. Equilibria, s.r.o., Košice, 2010. ISBN 978-80-969124-9-0.
  - Žovínová, M.: Jako využit' reálny vzdialený experiment na bilingválnom gymnaziu. In *Acta Facultatis Paedagogicae Universitatis Tyrnaviensis*. Matematika-fyzika-informatika. No. 14. Pdf Trnavská univerzita, Trnava, 2010. ISBN 978-80-8082-432-7.
  - Žovínová, M., Ožvoldová, M.: E-laboratórium vzdálených experimentov vo výučbe s podporou stratégie integrovaného e-learningu. In *Interdisciplinárny dialóg odborových didaktik*. VERBUM, Ružomberok, 2010. ISBN 978-80-8084-689-3.
  - Beňo, M., Ožvoldová, M.: Porovnanie systémov na budovanie vzdálených laboratórií. In *Acta Facultatis Paedagogicae Universitatis Tyrnaviensis*. Matematika-fyzika-informatika. No. 14. Pdf Trnavská univerzita, Trnava, 2010. ISBN 978-80-8082-432-7.
  - Lustig, F.: Školní laboratoře badatelského typu – integrace tradičních, vzdálených a virtuálních fyzikálních experimentů. In *Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 16*. 2. – 4. 9. 2011. Olomouc: Univerzita Palackého, s. 165-172. ISBN 978-80-244-2894-9.
- 

Aktivní účast na konferencích:

7x zahraniční, 5x domácí

- **27. 11. – 30. 11. 2008**  
Konference: Information & Communication Technology in Natural Science Education – 2008. Šiauliai, **Litva**.  
Příspěvek (poster): ICT Application in Teaching Physics at Palacky University in Olomouc.
- **14. 6. – 18. 6. 2009**  
Konference: Development of Science and Technology Education in Central and Eastern Europe: 7th IOSTE Symposium for Central and Eastern Europe. Šiauliai, **Litva**.

- Príspevek (poster): Application of Software Mathematica and Other Tools in Teaching Science.
- **25. 8. – 27. 8. 2009**  
Konferencie: Veletrh nápadů učitelů fyziky 14. **Brno**.  
Príspevek (vystoupení): Porovnání charakteristik klasické a úsporné žárovky s využitím vzdáleně ovládané laboratoře.
  - **8. 4. – 10. 4. 2010**  
Konferencie: XXXVIII НАЦИОНАЛНА КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ВЪПРОСИТЕ НА ОБУЧЕНИЕТО ПО ФИЗИКА. Lovech, **Bulharsko**.  
Príspevek (vystoupení): Remote control experiments in physics education.
  - **13. 5. 2010**  
Konferencie: Studentská vědecká konference 2010. Věda má budoucnost. **Ostrava**.  
Príspevek (vystoupení): Rozvoj vzdáleně ovládaných experimentů ve výuce fyziky.
  - **3. 9. – 5. 9. 2010**  
Konferencie: Veletrh nápadů učitelů fyziky 15. **Praha**.  
Príspevek (vystoupení): Školní vzdáleně ovládané experimenty.
  - **23. 9. 2010**  
Konferencie: Mladí vedci 2010. XI. medzinárodná vedecká konferencia doktorandov, mladých vedeckých a pedagogických pracovníkov. Nitra, **Slovensko**.  
Príspevek (vystoupení): Vzdálená laboratoř – srovnání šesti žárovek.
  - **13. 10. – 15. 10. 2010**  
Konferencie: Wolfram Technology Conference 2010. Champaign, Illinois, **USA**.  
Príspevek (vystoupení): Application of Mathematica Software in Higher Education of Students with Major in Physics or Optics.
  - **2. 9. – 4. 9. 2011**  
Konferencie: Veletrh nápadů učitelů fyziky 16. **Olomouc**.  
Príspevek (vystoupení): Vernier a LabVIEW ve vzdálených laboratořích
  - **12. 9. – 15. 9. 2011**  
Konferencie: Informační a komunikační technologie ve vzdělávání. ICTE 2011. **Rožnov pod Radhoštěm**.  
Príspevek (vystoupení): Tři vzdáleně ovládané experimenty.
  - **19. 10. – 21. 10. 2011**  
Konferencie: Wolfram Technology Conference 2011. Champaign, Illinois, **USA**.  
Príspevek (vystoupení): Application of the software Mathematica for analyzes large amounts of data in teaching physics.
  - **9. 11. – 12. 11. 2011**  
Konferencie: Information & Communication Technology in Natural Science Education – 2011. Šiauliai, **Litva**.  
Príspevek (vystoupení): Remote teaching laboratories in physics lessons – Attitudes of students and teachers to the remotely controlled experiments.
- 

*Aktivní účast na studentských vědeckých soutěžích:*

- **13. 5. 2009**  
Studentská vědecká soutěž „O cenu děkana 2009“. Olomouc.  
Kategorie: Didaktika přírodovědných oborů. Doktorská sekce.  
Príspevek (vystoupení): Vzdáleně ovládaný experiment ve výuce fyziky. (1. místo)

Příspěvek (poster): ICT Application in Teaching Physics at Palacky University in Olomouc.

- **12. 5. 2010**

Studentská vědecká soutěž „O cenu děkana 2010“. Olomouc.

Kategorie: Didaktika přírodovědných oborů. Doktorská sekce.

Příspěvek (vystoupení): Klasické experimenty s možností vzdáleného měření. (3. místo)

---

*Účast na řešení grantových projektů:*

- Člen řešitelského týmu projektu OPVK "Moderní prostředky ICT v přírodovědných a ekonomických oborech a jejich prezentaci" reg. číslo CZ.1.07/2.2.00/07.0062.
  - Člen řešitelského týmu projektu OPVK "Rozvoj profesních kompetencí učitelů fyziky základních a středních škol v Olomouckém kraji" reg. číslo CZ.1.07/1.3.13/02.0002.
  - Člen řešitelského týmu projektu OPVK "Vzdělávání výzkumných pracovníků v Regionálním centru pokročilých technologií a materiálů" reg. číslo CZ.1.07/2.3.00/09.0042.
  - Člen řešitelského týmu projektu OPVK "Modularizace a modernizace studijního programu počítační přípravy učitele fyziky" reg. číslo CZ.1.07/2.2.00/18.0018.
  - Člen řešitelského týmu projektu OPVK "Otevřená síť partnerství na bázi aplikované fyziky" reg. číslo CZ.1.07/2.4.00/17.0014.
  - Člen řešitelského týmu projektu IGA "Inovace měřicích metod a metodických postupů v nanomateriálovém výzkumu" číslo projektu PrF\_2011\_013.
- 

*Seznam ukončených projektů:*

- Člen řešitelského týmu projektu IGA "Nové analytické přístupy ke studiu nanomateriálů" číslo projektu PrF\_2010\_010.
- 

*Projekty FRVŠ:*

- Číslo: 2169/2010/G6. Název: **Školní vzdálená fyzikální laboratoř.**  
Hlavní řešitel: Mgr. František Látal.  
Spoluřešitelé projektu: Mgr. Jan Říha, Ph.D. a Mgr. Martina Vašíčková.  
Výsledný stav: **NEFINANCOVANÝ.**  
(1. posudek 96b, 2. posudek 63b, 3. dodatečný posudek 89b. Maximum 100b).
  - Číslo: 1349/2011/G6. Název: **Využití vzdáleně ovládaného experimentu při studiu proudění kapalin.**  
Hlavní řešitel: Mgr. František Látal.  
Spoluřešitelé projektu: RNDr. Jiří Pechoušek, Ph.D. a Lic Claudia Aparicio Ordonez.  
Výsledný stav: **FINANCOVANÝ.**  
(1. posudek 99b, 2. posudek 97b. Maximum 100b).
  - Číslo: 1358/2012/F6/a. Název: **Inovace předmětu Praktikum školních pokusů 1 – hydrodynamika, aerodynamika a termika.**  
Hlavní řešitel: Mgr. František Látal.  
Spoluřešitel projektu: Mgr. Lukáš Richterek, Ph.D.  
Výsledný stav: **POSUZOVANÝ.**
-

---

*Výuka na PřF UP v Olomouci:*

- ZS 2008/2009 KEF/FP3 – Fyzikální praktikum (molek. fyz.) – cvičení
  - LS 2008/2009 KEF/FP1 – Fyzikální praktikum (mechanika) – cvičení
  - ZS 2009/2010 KEF/FYB1 – Fyzika I (el. mag., optika) – cvičení
  - ZS 2009/2010 KEF/FYC – Praktikum z fyziky – cvičení
  - ZS 2009/2010 KEF/FYCV – Cvičení z fyziky – cvičení
  - LS 2009/2010 KEF/FP1 – Fyzikální praktikum (mechanika) – cvičení
  - ZS 2010/2011 KEF/PPO1 – Praktikum školních pokusů 1 – cvičení
  - ZS 2010/2011 KEF/FYC – Praktikum z fyziky – cvičení
  - ZS 2010/2011 KEF/FYCV – Cvičení z fyziky – cvičení
  - ZS 2010/2011 KEF/PRS2 – Pedagogická praxe z fyziky 2 – seminář
  - LS 2010/2011 KEF/PPO2 – Praktikum školních pokusů 2 – cvičení
  - LS 2010/2011 KEF/PVF – Počítače ve výuce fyziky – seminář
  - LS 2010/2011 KEF/PREZ – Presentace ve fyzikálních oborech – seminář
  - LS 2010/2011 KEF/MPICT – Moderní prostředky ICT ve výuce – seminář
  - LS 2010/2011 KEF/MATEM – Matematický software v přírodovědných oborech – seminář
  - ZS 2011/2012 KEF/FP3 – Fyzikální praktikum (molek. fyz.) – cvičení
  - ZS 2011/2012 KEF/FYC – Praktikum z fyziky – cvičení
  - ZS 2011/2012 KEF/PPO1 – Praktikum školních pokusů 1 – cvičení
- 

*Výuka fyziky mimo PřF UP v Olomouci:*

- od 25. 4. 2007 do 30. 6. 2007 – Moravské reálné gymnázium spol. s r. o. Olomouc
  - od 1. 9. 2011 – Slovanské gymnázium Olomouc
- 

*Zahraniční stáže:*

- **8. 6. – 18. 6. 2009** – stáž na Šiauliai University, Faculty of Education, Natural Science Education Research Centre, Lithuania. Skupina: Prof. dr. Vincentas Lamanauskas ([vincentaslamanauskas@yahoo.com](mailto:vincentaslamanauskas@yahoo.com))
  - **18. 3. – 16. 4. 2010** – stáž na Angel Kanchev University of Ruse, Faculty of Electrical Engineering, Electronics and Automation, Bulgaria. Skupina: Prof. Nadezhda Nancheva, Ph.D. ([nancheva@ru.acad.bg](mailto:nancheva@ru.acad.bg))
-