

VÝUKA FYZIKY S PODPOROU VZDÁLENÝCH EXPERIMENTŮ

František LUSTIG

Abstrakt

V příspěvku ukážeme moderní inovativní technologie vzdálených experimentů z fyziky. Budou to hlavně živé on-line ukázky vzdálených experimentů z fyziky na MFF-UK Praha a na PřF UJEP Ústí nad Labem. Cílem příspěvku bude přehled vzdálených experimentů a on-line odkazy na jednotlivé experimenty, aby je měl uživatel jednoduše dostupné. Při prezentaci též ukážeme metodiku se vzdálenými experimenty ve výuce. Krátce též zmíníme pedagogický výzkum, který jsme kolem vzdálených experimentů provedli.

PHYSICS EDUCATION SUPPORTED BY REMOTE EXPERIMENTS

Abstract

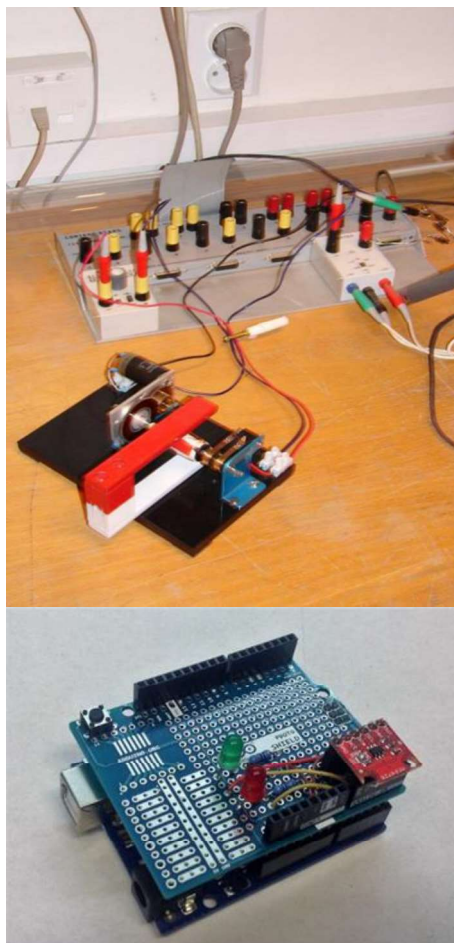
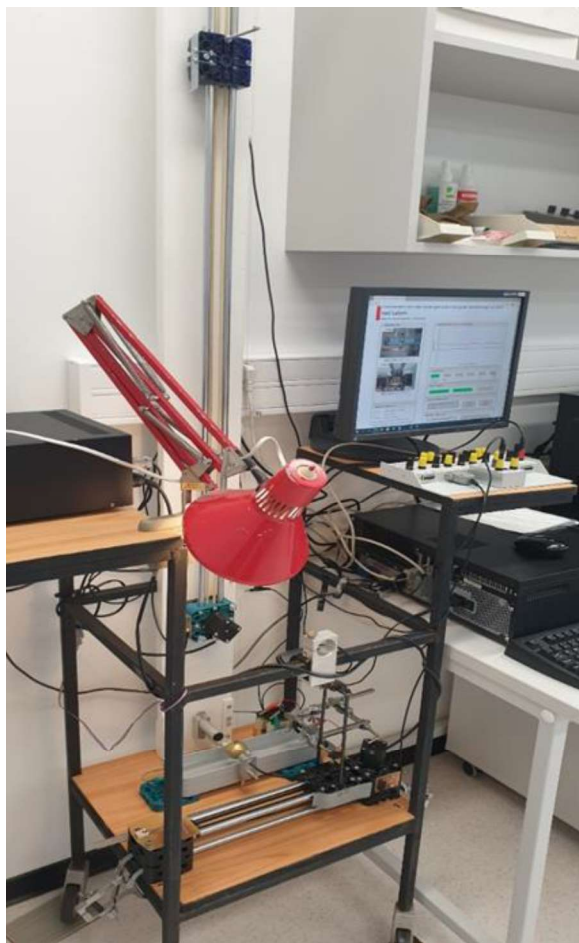
This paper will present modern, innovative technologies of remote physics experiments. The main focus will be live online demonstrations of remote experiments from the Faculty of Mathematics and Physics, Charles University, Prague, and the Faculty of Science, Jan Evangelista Purkyně University in Ústí nad Labem. The aim of the paper is to provide an overview of the remote experiments and online links to individual experiments, making them easily accessible to the user. The presentation will also demonstrate the methodology for using remote experiments in teaching. We will also briefly mention the pedagogical research we have conducted surrounding these remote experiments.

Úvod

Vzdálená laboratoř (vzdálené experimenty, angl. *remote lab* nebo též *online lab*) představuje platformu iSES (Internetové Školní Experimentální Studio), která zpřístupňuje reálné fyzické experimenty online. Uživatelé mohou tyto přístroje umístěné v laboratoři ovládat a sledovat prostřednictvím internetu odkudkoli. Cílem je zpřístupnit praktickou výuku, umožnit práci s hardwarem a reálná měření bez nutnosti osobní účasti, a tím zvýšit flexibilitu vzdělávání.

Tento příspěvek si klade za cíl prezentovat současný stav této dynamické oblasti v kontextu dlouhodobého, více než 25 let trvajícího vývoje. Naše pozornost je tentokrát zaměřena primárně na konkrétní ukázky vzdálených experimentů, které vznikly v rámci práce autorského kolektivu F. Lustiga a jeho kolegů. Je třeba poznamenat, že české a slovenské prostředí je v této oblasti velmi živé, s kvalitními systémy provozovanými na řadě dalších pracovištích, jako jsou laboratoře Panoš (Klatovy), tým Pawera (Masarykova univerzita Brno), UTB Zlín, PřF Trnava, UKF Nitra a další.

Hlavní část příspěvku se strukturovaně věnuje klíčovým platformám a technologickým řešením. Autor příspěvku nabízí odborné rady a konzultace týkající se implementace a provozu systému iSES. Praktické tipy pro využití platformy Arduino při návrhu vlastních experimentů a obecné know-how a doporučení z dlouholeté praxe v oboru vzdálených experimentů. Cílem je nejen informovat o pokroku, ale také aktivně podpořit zájemce o vlastní realizaci podobných projektů.



Vzdálené laboratoře s iSES na PŘF UJEP Ústí nad Labem

Přírodovědecká fakulta UJEP v Ústí nad Labem představuje významné aplikační pracoviště, které platformu iSES aktivně rozvíjí a integruje do své výuky. Tato implementace demonstruje přenositelnost a škálovatelnost celého systému a jeho přizpůsobivost specifickým potřebám fakultní výuky.

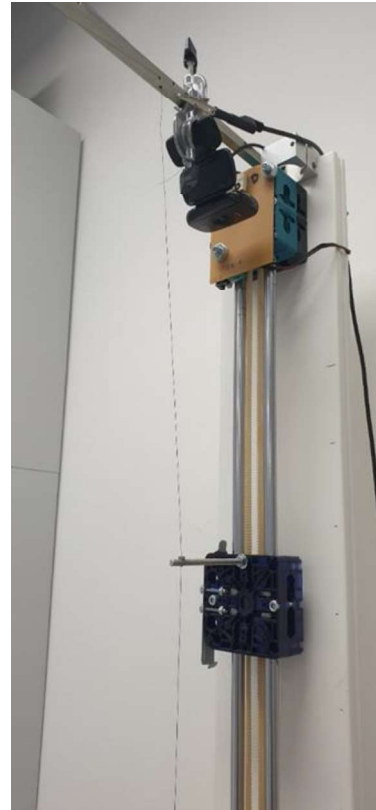
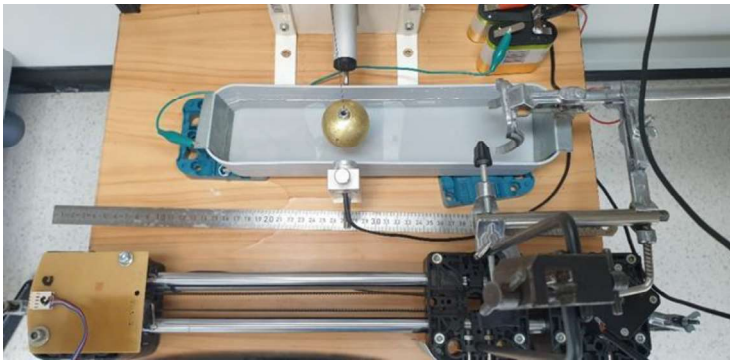
www.physics.ujep.cz/cs/vzdalene-experimenty/



Matematické kyvadlo

ises4.prf.ujep.cz

Vzdálená laboratorní úloha umožňuje studium matematického kyvadla. Umožňuje proměřit dobu kyvu pro různé délky závěsu (rozmezí 80 cm až 163 cm). Rovněž umožňuje nastavit dvě možné počáteční výchylky (pro malý rozkmit a pro větší rozkmit). Doba kyvu se měří přesnou optickou závorou. Výchylka se odečítá tzv. vodním potenciometrem (jehla připevněná na kouli projíždí lehce vodní hladinou, na které je pomocí dvou elektrod zaveden potenciální spád). Kmity jsou samozřejmě slabě tlumené. Lze přesně spočítat tíhové zrychlení g a porovnat ho s tabulkovou hodnotou v místě provozování (UJEP Ústí nad Labem).



Vzdálené experimenty s Matematickým kyvadlem

World Pendulum Alliance – WPA (Santos, Fernandes et al., 2019), World Pendulum Alliance (WPA), WP@ELAB

Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky 11

Sít' vzdálených matematických kyvadel na 20 evropských a hlavně jihoamerických technických univerzitách: Barcelona – UPC, Bogotá – UNAD, Bogotá – UniAnde, *Brasilia – UnB*, Ciudad de Panamá – USMA, Ciudad de Panamá – UTP, Díli – EPT, Faro – CCVAIlg, Ilheus – UESC, *Lisbon – Planetário*, Maputo – EPM, *Marseille – ECM*, Oeiras – IST, Prague – CTU, Praia – UniCV, *Punta Arenas – UMag*, Rio de Janeiro – PUC2, Rio de Janeiro – PUC, Santiago – UChile, *São Tomé – EPSTP*, *Valparaiso – USM* (pozn.: *italikou místa, kde se nám podařilo kyvadlo spustit!*)

wpa.tecnico.ulisboa.pt/~wpa.daemon/pendulum-network-2



WPA - World Pendulum Alliance (IST, Lisboa, Portugal)

e-lab

Home Apparatuses Configured Executions Finished Executions Experiment (en) Go

Sponsors

- Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union
- FUSENET
- Direção - Geral da Administração Escolar
- CIÊNCIA VIVA
- INSTITUTO POLITÉCNICO DE LISBOA

Apparatus type	Location	Scientific area	Lab type	Current status	Protocol
WorldPendulum	Barcelona-UPC	Classical Mechanics	Basic	Online	Run Pendulum Details
WorldPendulum	Bogotá-UNAD	Classical Mechanics	Basic	Offline	Run Pendulum Details
WorldPendulum	Bogotá-UniAnde	Classical Mechanics	Basic	Offline	Run Pendulum Details
WorldPendulum	Brasilia-UNB	Classical Mechanics	Basic	Online	Run Pendulum Details
WorldPendulum	Ciudad de Panamá-USMA	Classical Mechanics	Basic	Offline	Run Pendulum Details
WorldPendulum	Ciudad de Panamá-UTP	Classical Mechanics	Basic	Online	Run Pendulum Details
WorldPendulum	DÍLI-EPT	Classical Mechanics	Basic	Offline	Run Pendulum Details
WorldPendulum	FARO-CCVAIlg	Classical Mechanics	Basic	Offline	Run Pendulum Details
WorldPendulum	Ilheus-UESC	Classical Mechanics	Basic	Online	Run Pendulum Details

elab.vps.tecnico.ulisboa.pt:8000/login?next=/apparatuses

World Pendulum Alliance – WPA (naměřené hodnoty Lisabon)

WPA - World Pendulum Alliance (IST, Lisboa, Portugal) HL f

e-lab

Home Apparatuses Configured Executions Finished Executions Experiment (en) Go

Sponsors

- Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union
- FUSENET
- Direção - Geral da Administração Escolar
- CIÊNCIA VIVA
- INSTITUTO POLITÉCNICO DE LISBOA

World Pendulum 9 in Lisbon-Planetário

Open Video Close Video

Experiment execution status
Finished experiment with final results available

Description Configuration Execution

Histogram of the Period

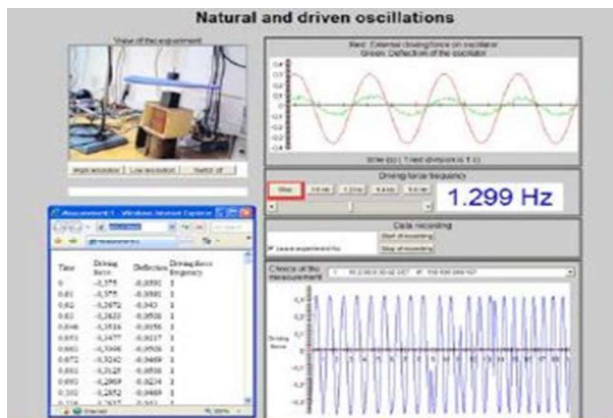
Sample vs Linear Velocity

Sample vs Period

Vlastní a vynucené kmity na pružině

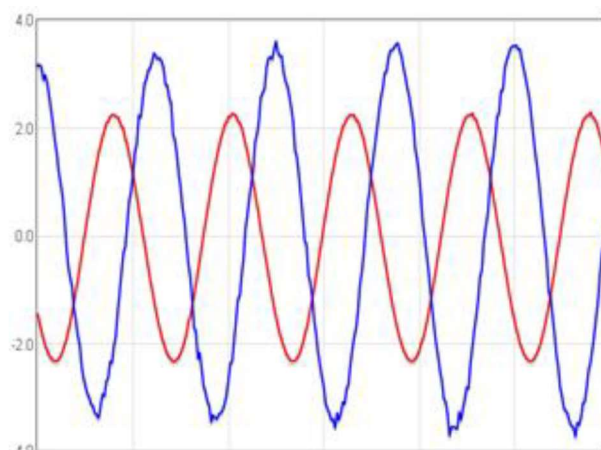
ises3.prf.ujep.cz

Vzdálená laboratorní úloha Kmity na pružině. Lze studovat vlastní kmity – pružinu rozkmitáme elektromagnetickou silou zvolené frekvence, poté elektromagnetickou sílu vypneme a studujeme tlumené kmity. Nebo studujeme vynucené kmity v okolí rezonance pružiny. Při různých frekvencích budící elektromagnetické síly můžeme sledovat amplitudové závislosti, fázové poměry, přenos energie aj.



Nucené kmity

Testovací verze 22.2.2014

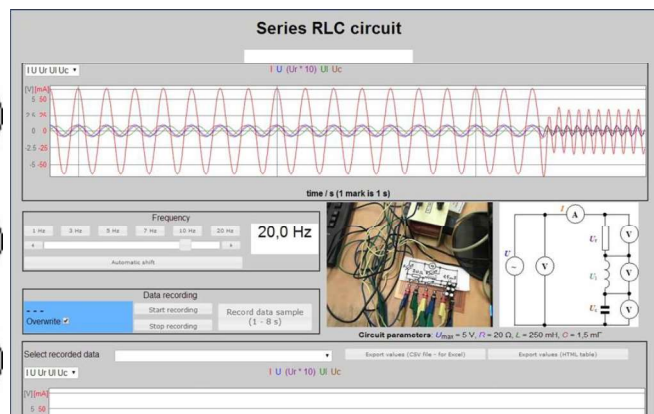
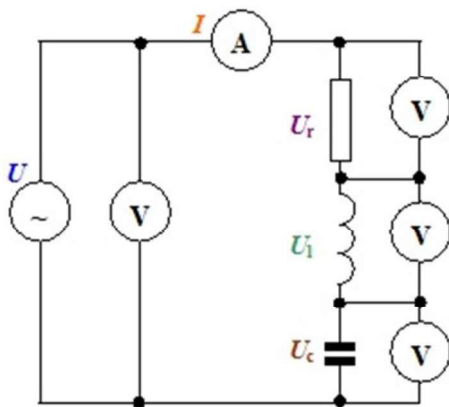
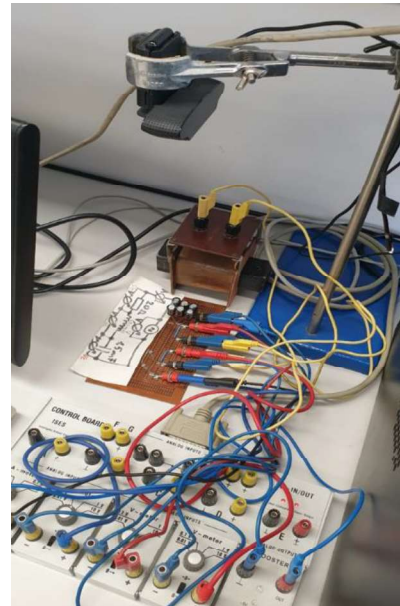
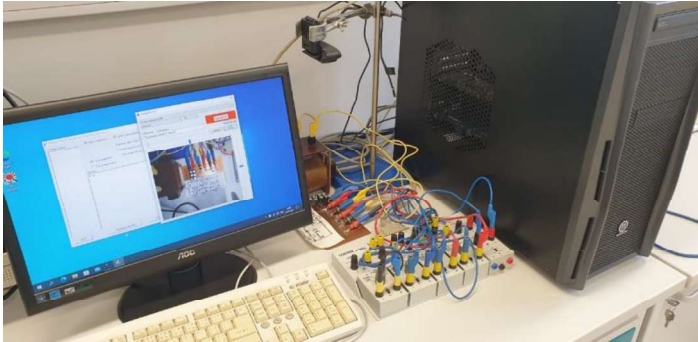


Jeden dílek = 1s, Budící síla, Vychylka

Sériový obvod RLC

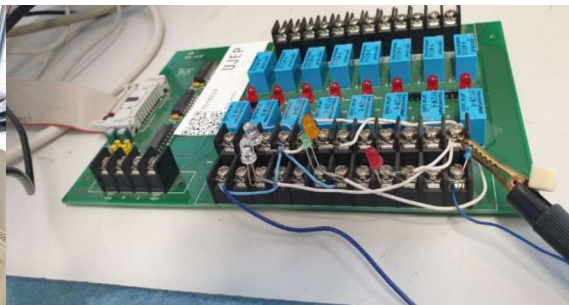
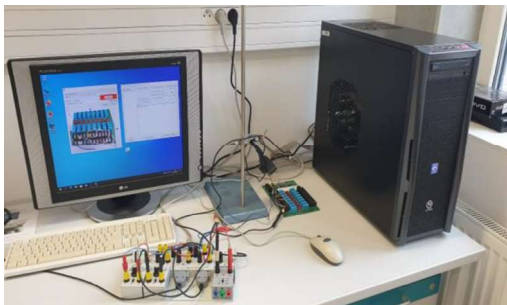
ises2.prf.ujep.cz

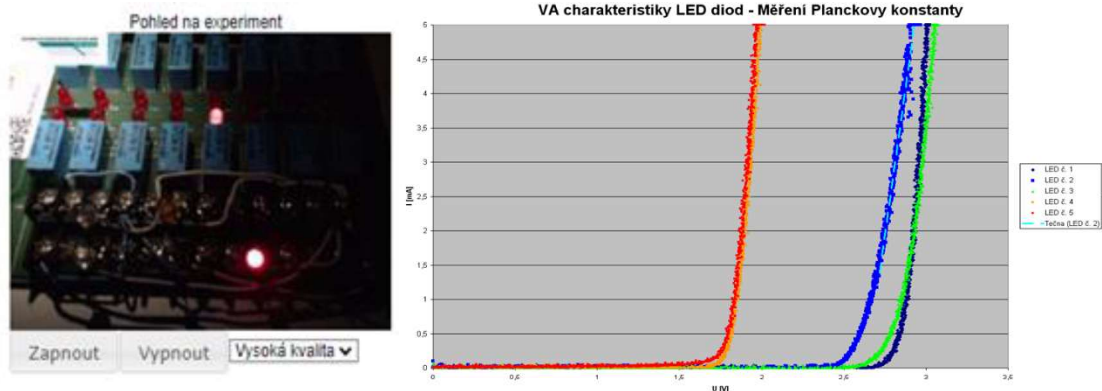
Experiment umožňuje sledovat časový průběh napětí a proudu na jednotlivých prvcích sériového RLC obvodu, zejména změnu amplitudy, fázové posuvy mezi jednotlivými napětími prvků. Sériový obvod se budí proměnnou sinusovou frekvencí. Experiment umožňuje ruční nastavení budicí frekvence, tak i rozmítaný generátor (wobler).



Voltampérové charakteristiky LED – měření Planckovy konstanty ises1.prf.ujep.cz

Vzdálená laboratorní úloha Voltampérové charakteristiky LED diod – Měření Planckovy konstanty umožňuje měřit voltampérovou charakteristiku různobarevných LED a určit hodnotu Planckovy konstanty.



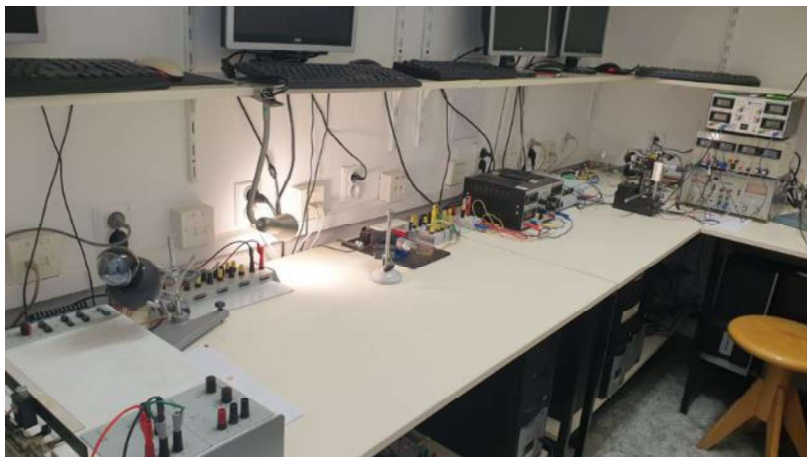


Katalogové údaje			Odečtené	Vypočtené hodnoty			
LED	Číslo	λ [nm]	U [V]	f [Hz]	h [J.s]	Δh [J.s]	relativní chyba
1	511-877	400	2,84	7,49E+14	6,0711E-34	5,54889E-35	8,37%
2	511-234	472	2,61	6,35E+14	6,5837E-34	4,22645E-36	0,64%
3	518-017	525	2,71	5,71E+14	7,6036E-34	9,77586E-35	14,75%
4	511-785	597	1,79	5,02E+14	5,7111E-34	9,14933E-35	13,81%
5	511-268	655	1,77	4,58E+14	6,1959E-34	4,30099E-35	6,49%

Vzdálené laboratoře s iSES na MFF UK Praha

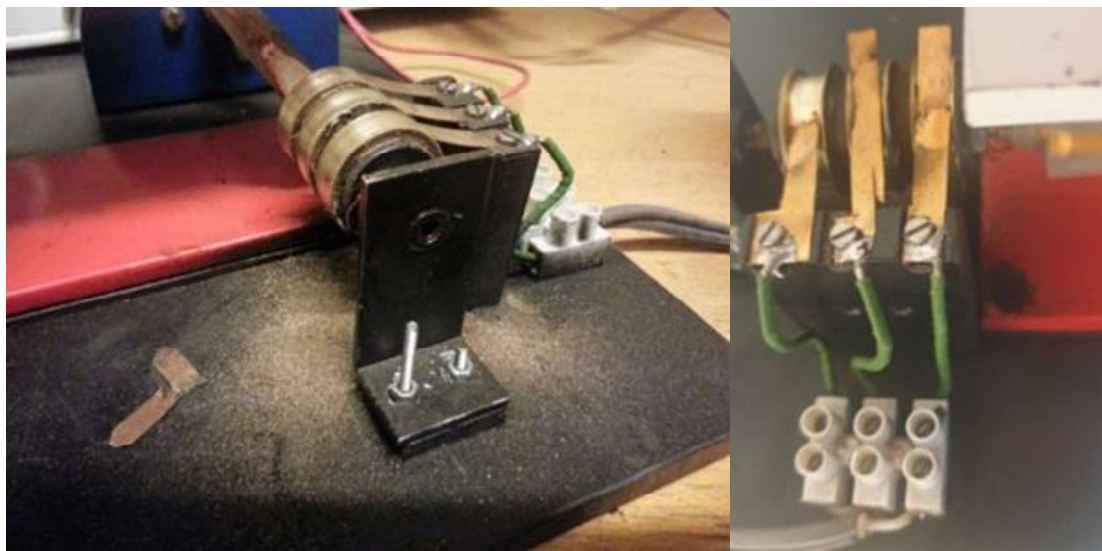
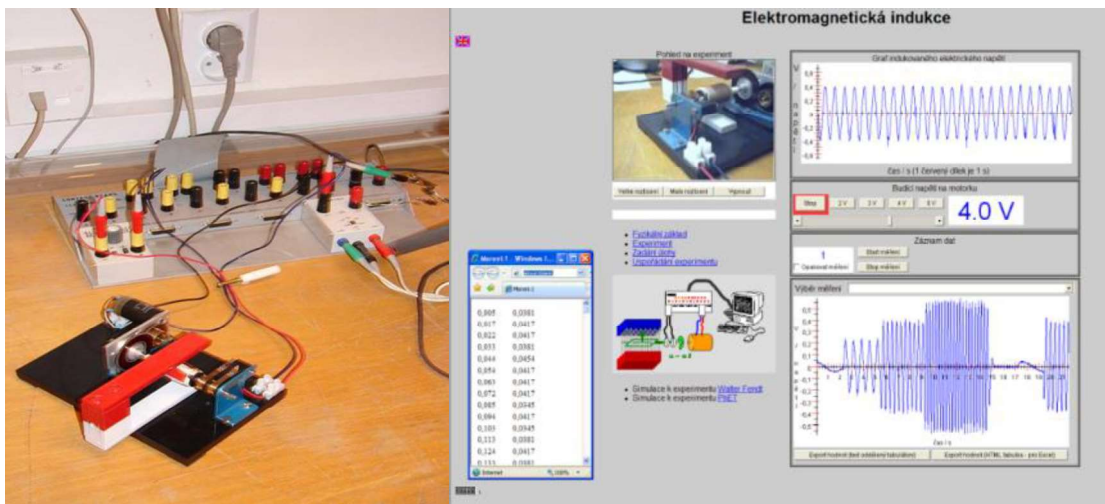
Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy slouží jako hlavní vývojové a experimentální centrum platformy iSES. Zde byla ověřena řada klíčových konceptů a technologických řešení, která tvoří jádro celého systému. Experimenty z této lokality často slouží jako referenční modely pro další implementace.

Rozcestník: eEdu.eu, experimenty: eEdu.eu/vfl/cs/experimenty.php



Elektromagnetická indukce

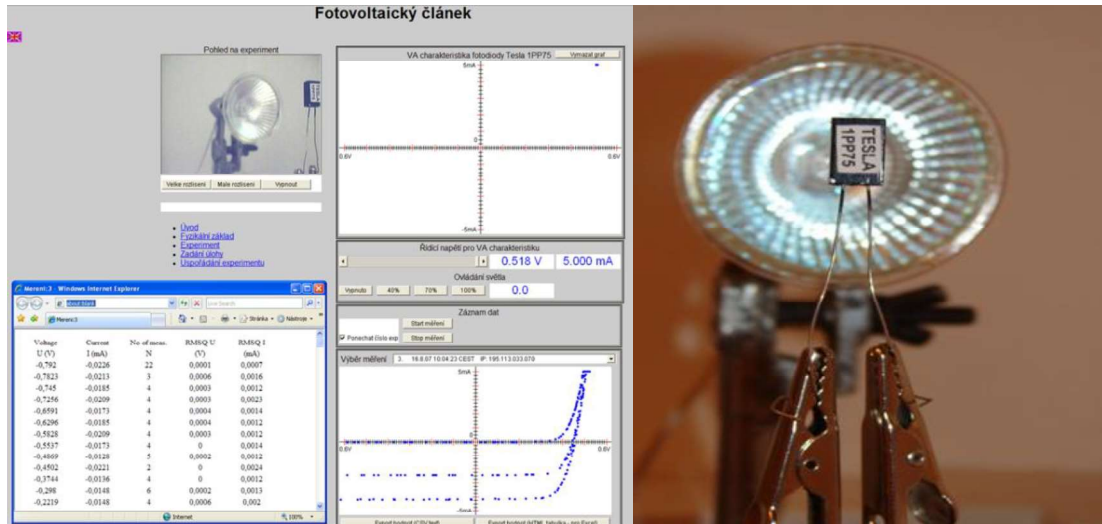
kdt-39.karlov.mff.cuni.cz



Přeměna solární energie – fotovoltaický článek

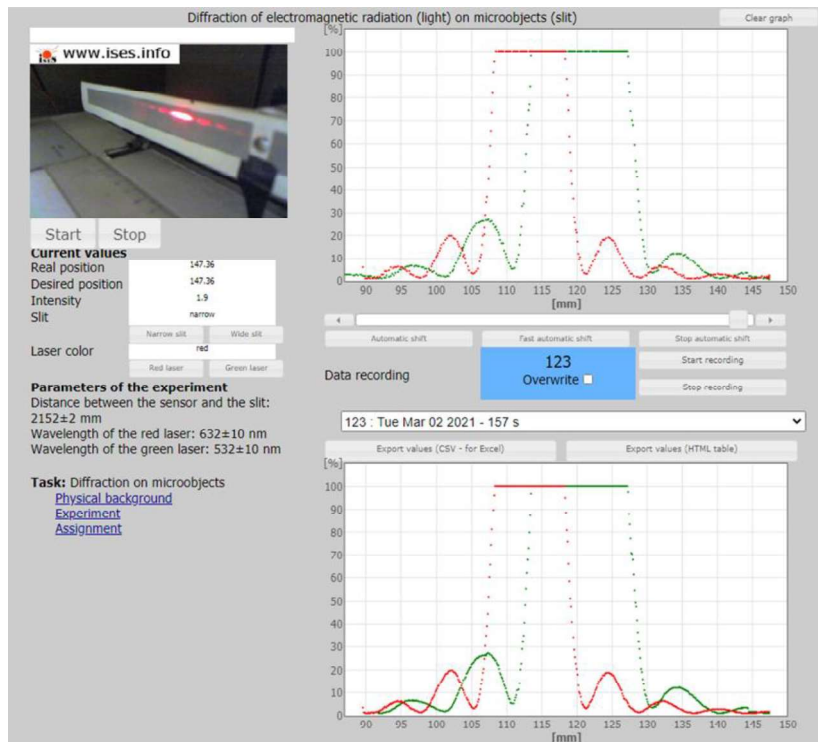
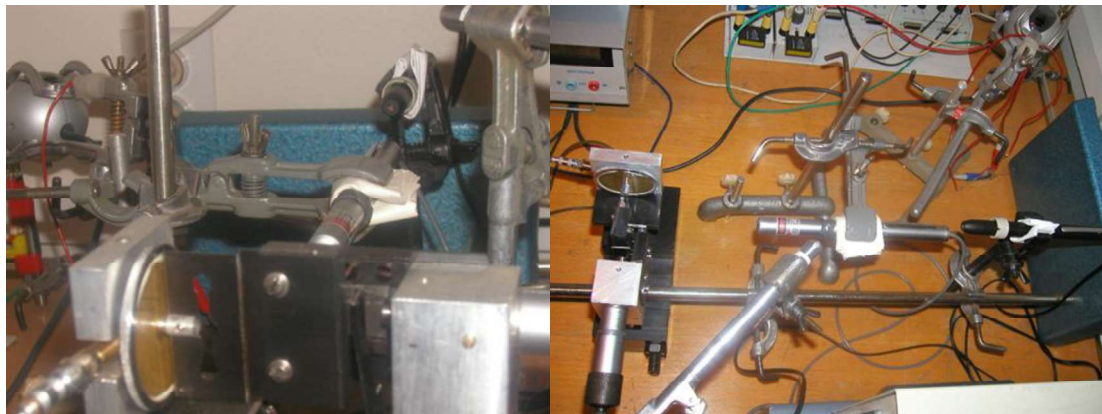
kdt-4.karlov.mff.cuni.cz





Ohyb elektromagnetického záření – ohyb na štěrbíně

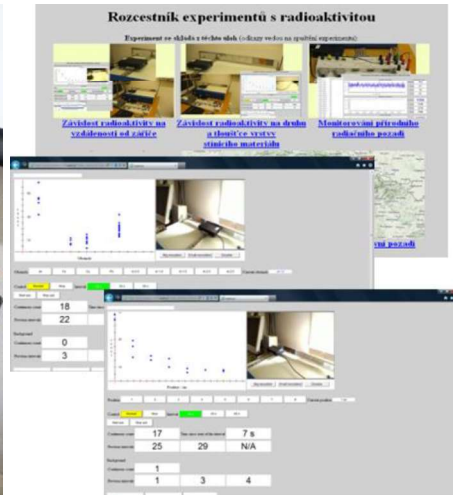
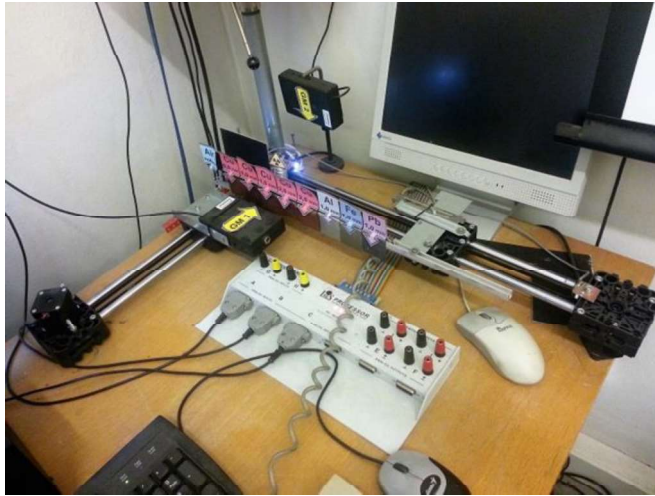
kdt-20.karlov.mff.cuni.cz



Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky 11

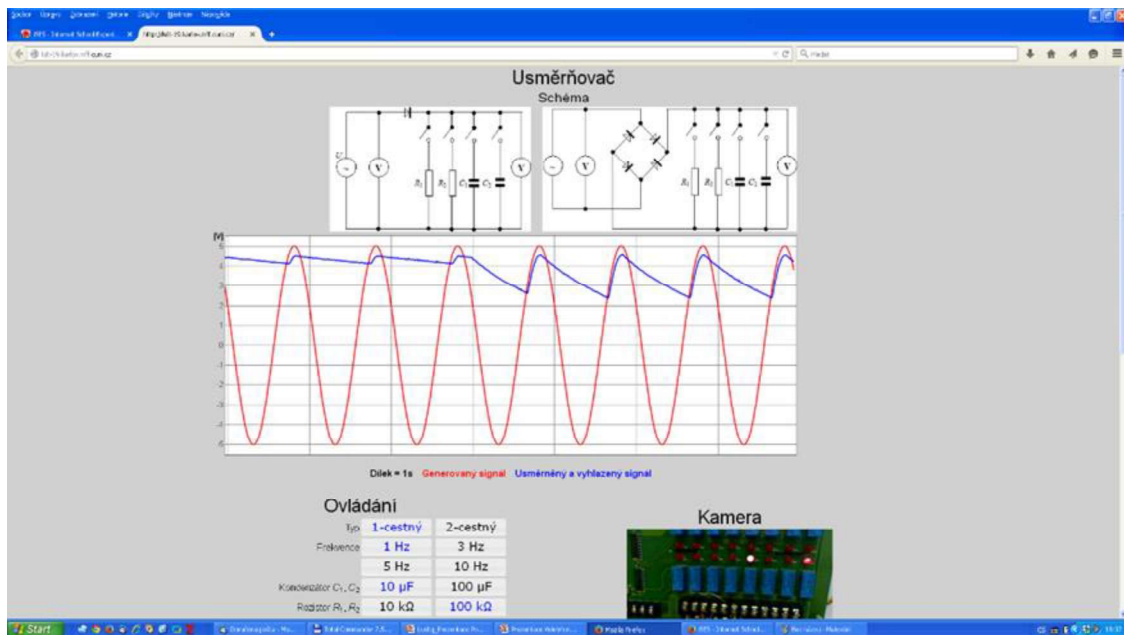
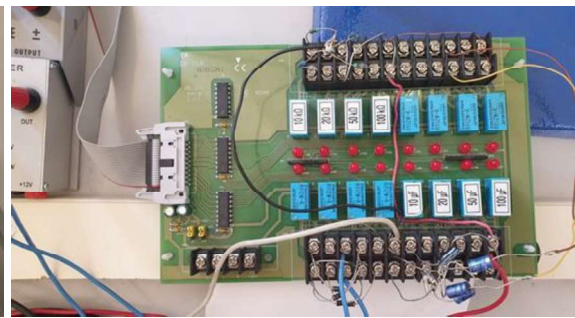
Radioaktivita – základní zákonitosti radioaktivity

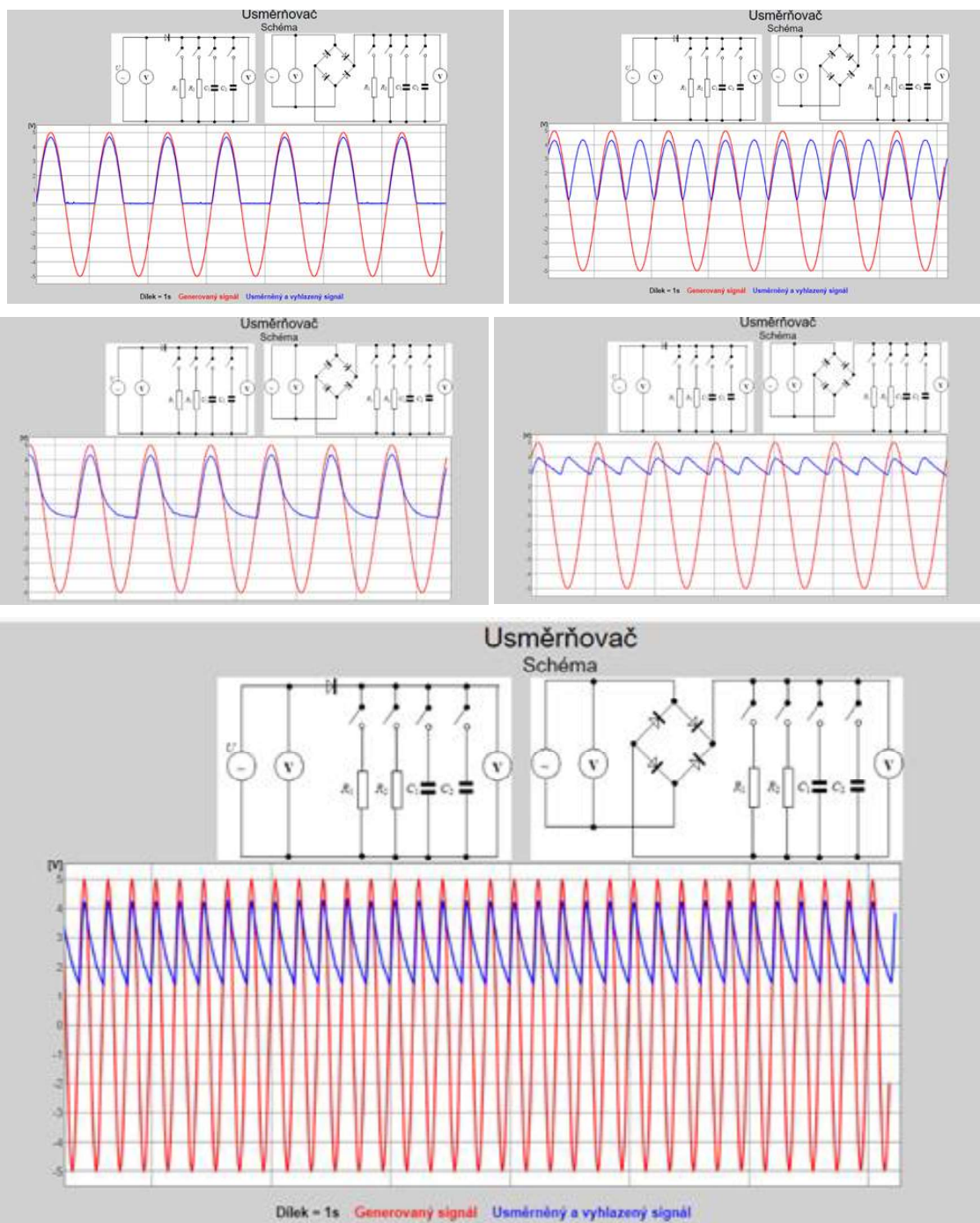
Experiment je přemístěn na ČVUT FJFI (bude opět spuštěn cca listopad 2025, informaci obdržíte na www.ises.info, české stránky, News, www.ises.info/index.php/cs/news)



Usměrňovač

kdt-38.karlov.mff.cuni.cz





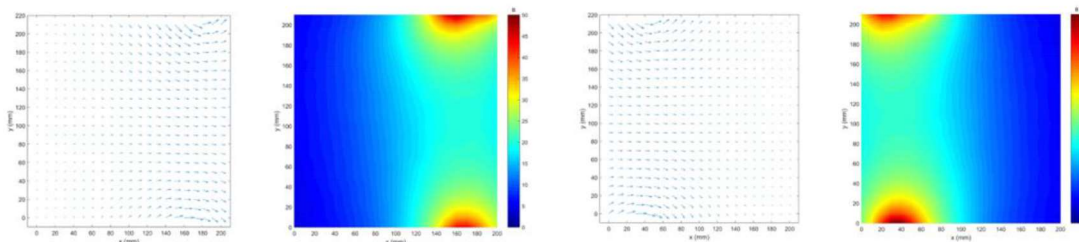
Vnější fotoefekt

Metoda A: Nabíjení kondenzátoru na brzdné napětí

kdt-29.karlov.mff.cuni.cz/index_c_cz_js.html

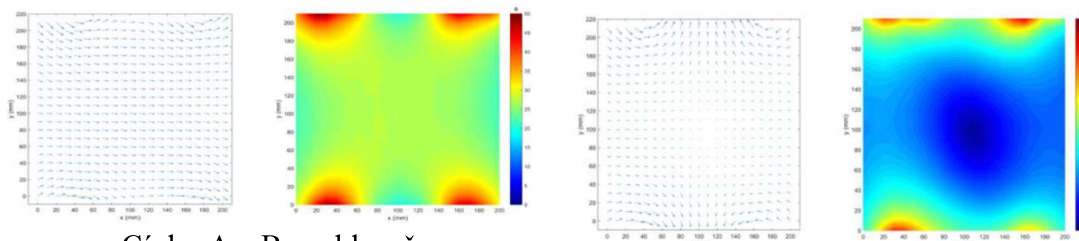
Metoda B: Studium volt-ampérové charakteristiky vakuové fotonky

kdt-29.karlov.mff.cuni.cz/index_VA_cz_js.html



Samostatná cívka A

Samostatná cívka B



Cívky A a B souhlasně

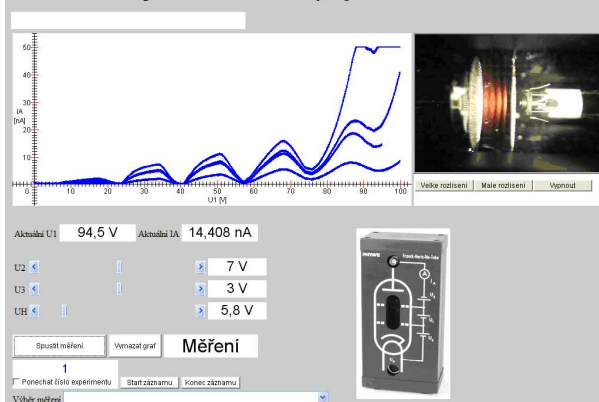
Cívky A a B nesouhlasně

Francův–Hertzův pokus, PHYWE aparatura, iSES SDK software (zdarma)

Pozn.: Francův–Hertzův pokus jako vzdálený experiment – není třeba měřicí HW (ISES), pouze SW! Vzdálený experiment, který v době konference nikde neběží, může ihned běžet u vás, informace u autora tohoto článku.



Franc-Hertz experiment - Neonová výbojka

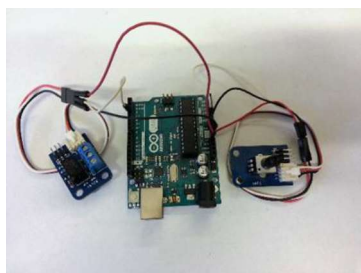


Vzdálené experimenty s Arduinem

Jedním z nejsilnějších současných trendů je využití open-source platformy Arduino pro tvorbu nových experimentů. Tento přístup významně zjednodušuje a zlevňuje vývoj, otevírá cestu k modularitě a umožňuje rychlé prototypování nových měřicích sestav, čímž dále demokratizuje přístup k tvorbě vzdálených experimentů.

Hardware: Arduino

Software: iSES Remote Lab SDK



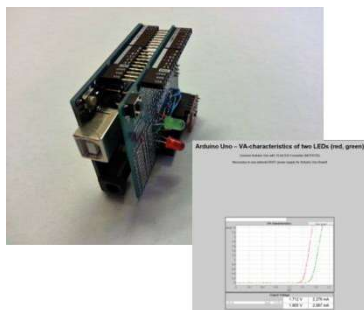
Arduino – Lite version



Arduino a Vernier senzory



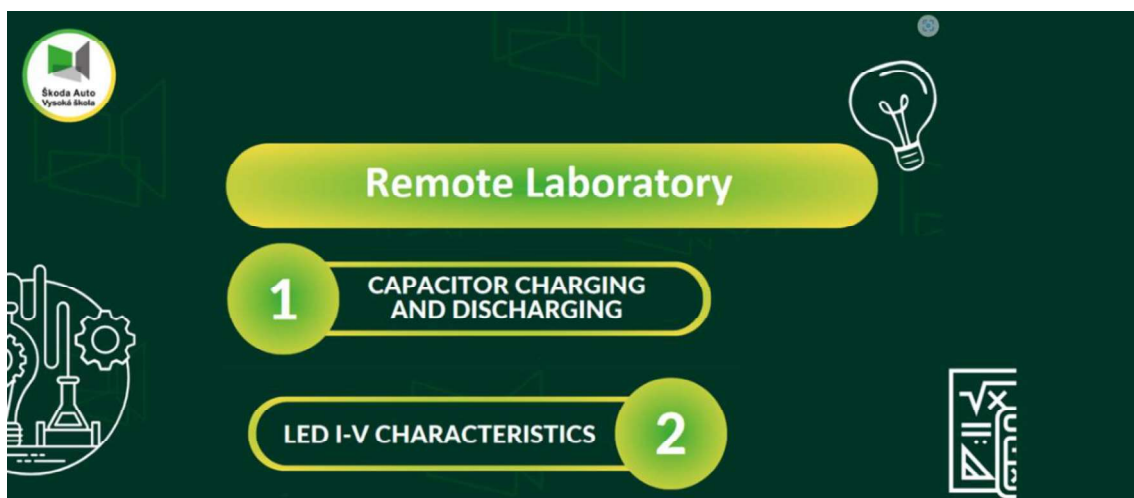
Arduino a servo



Arduino a VA charakteristiky LED



Arduino a 8× Relé



The image shows a dark green interface for a 'Remote Laboratory'. At the top left is the logo for 'Škoda Auto Vysoká škola'. A lightbulb icon is in the top right. The main content consists of two numbered steps in rounded rectangular buttons: '1 CAPACITOR CHARGING AND DISCHARGING' and '2 LED I-V CHARACTERISTICS'. On the left side, there is a circular icon containing a gear, a flask, and a test tube. On the right side, there is a logo for 'iSES'.

Škoda Auto Vysoká škola, Mladá Boleslav (Pavel Brom)

remotelab.savs.cz

Závěr a výstupy

Platforma iSES představuje zralé a komplexní řešení pro oblast distanční experimentální výuky, jejíž vývoj trvá již čtvrt století. Hlavními výhodami zde prezentovaných vzdálených experimentů je jejich plná dostupnost 24 hodin denně, 7 dní

v týdnu, a to bez nutnosti registrace nebo zadávání hesla. Toto uživatelsky velmi přívětivé pojetí minimalizuje bariéry pro vstup a maximalizuje potenciál využití jak v prezenční, tak v kombinované formě studia.

Do budoucna vidíme značný potenciál v dalším rozvoji této sítě. Vyzýváme proto akademickou komunitu, aby využila stávajících systémů iSES jako platformy pro tvorbu zcela nových experimentálních úloh. Paralelně k tomu doporučujeme využívat dostupných a cenově nenáročných hardware Arduino pro konstrukci nových typů měřících stanic, což dále rozšíří portfolio dostupných experimentů a podpoří inovace v této oblasti.

Pro zájemce o hlubší seznámení s problematikou jsou k dispozici tyto zdroje a formy spolupráce: prezentace je ihned a bez omezení volně k dispozici všem účastníkům konference. Autor poskytuje konzultace a rady týkající se:

- provozu a upgrade systému ISES (včetně kompatibility s Windows 11),
- technických aspektů využití platformy Arduino pro vzdálené experimenty,
- obecných otázek koncepce a realizace vzdálených laboratoří.

Kontakt pro další informace: frantisek.lustig@matfyz.cuni.cz

Společným úsilím a sdílením zkušeností můžeme dále rozvíjet tento otevřený ekosystém, který významně obohacuje možnosti praktické výuky přírodních věd.

Literatura

1. *Vzdálené experimenty na PřF UJEP Ústí nad Labem* [online]. Ústí nad Labem: Přírodovědecká fakulta UJEP, c2025 [cit. 2025-11-07]. Dostupné z: www.physics.ujep.cz/cs/vzdalene-experimenty/
2. *Matematické kyvadlo* [online]. Ústí nad Labem: Přírodovědecká fakulta UJEP, c2025 [cit. 2025-11-07]. Dostupné z: ises4.prf.ujep.cz
3. *World Pendulum Alliance – WPA* [online]. Lisboa: Instituto Superior Técnico, ©2019 [cit. 2025-11-07]. Dostupné z: wpa.tecnico.ulisboa.pt/~wpa.daemon/pendulum-network-2
4. *Vlastní a vynucené kmity na pružině* [online]. Ústí nad Labem: Přírodovědecká fakulta UJEP, c2025 [cit. 2025-11-07]. Dostupné z: ises3.prf.ujep.cz
5. *Sériový obvod RLC* [online]. Ústí nad Labem: Přírodovědecká fakulta UJEP, c2025 [cit. 2025-11-07]. Dostupné z: ises2.prf.ujep.cz
6. *Voltampérové charakteristiky LED – měření Planckovy konstanty* [online]. Ústí nad Labem: Přírodovědecká fakulta UJEP, c2025 [cit. 2025-11-07]. Dostupné z: ises1.prf.ujep.cz
7. *Vzdálené experimenty na MFF UK Praha* [online]. Praha: Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy, c2025 [cit. 2025-11-07]. Dostupné z: eEdu.eu/vfl/cs/experimenty.php
8. *Elektromagnetická indukce* [online]. Praha: Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy, c2025 [cit. 2025-11-07]. Dostupné z: kdt-39.karlov.mff.cuni.cz

9. *Přeměna solární energie – fotovoltaický článek* [online]. Praha: Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy, c2025 [cit. 2025-11-07]. Dostupné z: kdt-4.karlov.mff.cuni.cz
10. *Ohyb elektromagnetického záření – ohyb na štěrbině* [online]. Praha: Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy, c2025 [cit. 2025-11-07]. Dostupné z: kdt-20.karlov.mff.cuni.cz
11. *Usměrňovač* [online]. Praha: Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy, c2025 [cit. 2025-11-07]. Dostupné z: kdt-38.karlov.mff.cuni.cz
12. *Vnější fotoefekt (Metoda A)* [online]. Praha: Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy, c2025 [cit. 2025-11-07]. Dostupné z: kdt-29.karlov.mff.cuni.cz/index_c_cz_js.html
13. *Vnější fotoefekt (Metoda B)* [online]. Praha: Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy, c2025 [cit. 2025-11-07]. Dostupné z: kdt-29.karlov.mff.cuni.cz/index_VA_cz_js.html
14. *Vzdálené experimenty na Škoda Auto Vysoká Škola, Mladá Boleslav* [online]. Mladá Boleslav: Škoda Auto Vysoká Škola, c2025 [cit. 2025-11-07]. Dostupné z: remotelab.savs.cz
15. *iSES – internetové školní experimentální studio* [online]. Praha, c2025 [cit. 2025-11-07]. Dostupné z: www.ises.info/index.php/cs/

Kontaktní adresa

doc. RNDr. František Lustig, CSc.
Katedra fyziky, Přírodovědecká fakulta UJEP v Ústí nad Labem
Pasteurova 15, 400 96 Ústí nad Labem
E-mail: frantisek.lustig@ujep.cz