

Vzdálené laboratoře na Přírodovědecké fakultě UJEP Ústí nad Labem a na Matematicko-fyzikální fakultě UK Praha

FRANTIŠEK LUSTIG, MARTIN SVOBODA, EVA HEJNOVÁ

Přírodovědecká fakulta UJEP Ústí nad Labem

Abstrakt

Vzdálené experimenty jsou přístupné již cca 20 let, ale v době koronavirové se naplno ukázaly jako velice dobrá alternativa k face to face výuce ve fyzikálních laboratořích. Příspěvek přináší informaci o nových vzdálených experimentech na Přírodovědecké fakultě Univerzity J. E. Purkyně v Ústí nad Labem a o inovaci vzdálených laboratoří na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy v Praze. Vzdálené experimenty na MFF-UK jsou nyní odstavené, proběhly zde stavební úpravy místností, spuštěny budou opět v říjnu 2022. Hlavní přínosem příspěvku je předložit souhrnný seznam funkčních vzdálených experimentů na obou pracovištích.

Úvod

Vzdálené experimenty s měřicím systémem ISES [1] a v posledních letech i s dostupným Arduinem [2] si již našly své místo při výuce přírodních věd. Zvláště během koronavirové krize stoupl zájem o vzdálené experimenty, např. na MFFUK v Praze až o 300% (nejvíce bylo 1500 přístupů za měsíc). S trochou nadsázky můžeme říci, že se vše kolem nás rychle posunulo do „Remote World“ (Remote Work, Remote Learnig, Remote Healthcare, a konečně plně došlo i na Remote Labs, tj. vzdálené laboratoře).

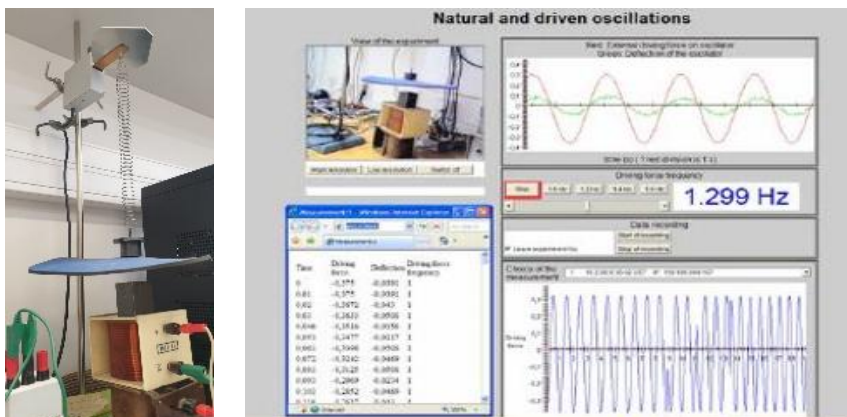
Vzdálené experimenty se systémem ISES byly dosud provozovány zejména na MFFUK Praha a hlavní rozcestník vzdálených experimentů byl na rozcestníku *ises* [3]. V roce 2022 proběhly na MFFUK stavební úpravy a vzdálené experimenty prošly restrukturalizací a modernizací. Kromě původního umístění na MFFUK Praha, vznikla nová vzdálená laboratoř na PřF UJEP Ústí nad Labem. Každé pracoviště pečuje o „své“ vzdálené experimenty a má „své“ vlastní rozcestníky. Původní rozcestník *ises* [3] poskytuje souhrnné informace o vzdálených experimentech na PřF UJEP Ústí nad Labem a na MFFUK Praha, ale i další informace o vzdálených laboratořích na Gymnáziu Klatovy, Fakultě informatiky ve Zlíně, Pedagogické fakultě v Trnavě aj.

Vzdálené laboratoře na PŘF UJEP Ústí nad Labem

V roce 2022 byla spuštěna vzdálená laboratoř s prvními čtyřmi vzdálenými experimenty. V příspěvku je kladen důraz hlavně na přehledné souhrnné informace. Seznam vzdálených experimentů lze nalézt na nově vznikajícím rozcestníku *ises-UJEP-PřF* [4].

Vzdálený experiment - Vlastní a vynucené kmity na pružině

Se vzdálenou laboratorní úlohou Kmity na pružině lze studovat vlastní kmity. Pružinu rozkmitáme budící elektromagnetickou silou zvolené frekvence (1 Hz až 1,8 Hz), poté elektromagnetickou sílu vypneme a studujeme vlastní tlumené kmity nebo studujeme vynucené kmity v okolí rezonanční frekvence pružiny. Při různých frekvencích budící elektromagnetické síly můžeme sledovat amplitudové závislosti, fázové poměry, přenos energie aj.

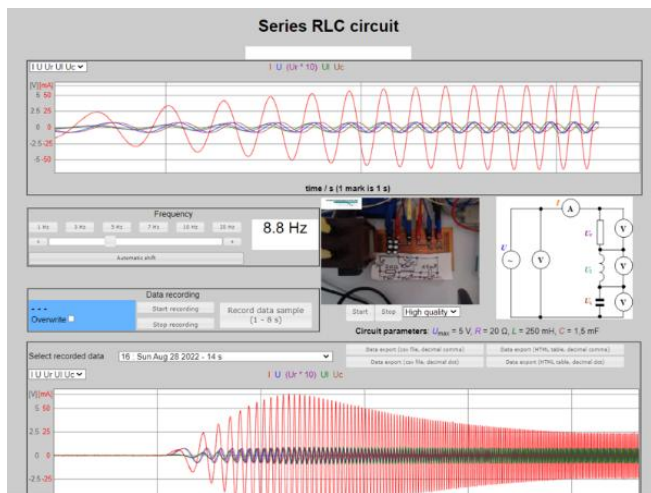
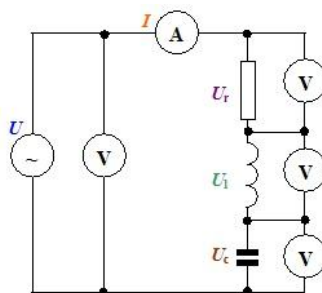
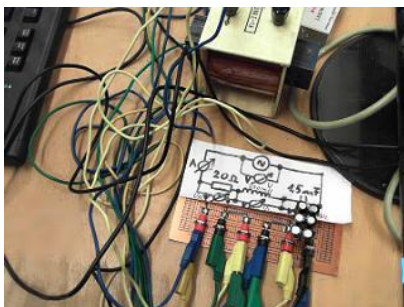


Obr. 1 Vlastní a vynucené kmity na pružině

Vzdálená úloha je na rozcestníku *ises* PŘF UJEP Ústí nad Labem [4], resp. na rozcestníku *ises* [3], přímá adresa jeises3.prf.ujep.cz.

Vzdálený experiment - Sériový obvod RLC

Experiment umožňuje sledovat časový průběh napětí a proudu na jednotlivých prvcích sériového RLC obvodu, zejména změnu amplitudy, fázové posuny mezi napětími a proudem na R , L , C . Sériový obvod se budí proměnnou sinusovou frekvencí 0 Hz až 25 Hz.

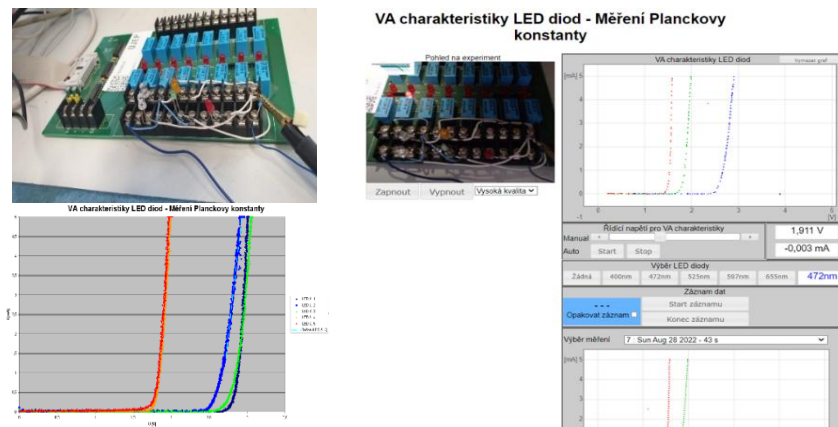


Obr. 2 Sériový RLC obvod

Vzdálená úloha je na rozcestníku *ises* PŘF UJEP Ústí nad Labem [4], resp. na rozcestníku *ises* [3]. Přímá adresa je ises2.prf.ujep.cz.

Vzdálený experiment - Voltampérové charakteristiky LED diod – Měření Planckovy konstanty

Vzdálená laboratorní úloha umožňuje proměřit voltampérovou charakteristiku 6 různých barevných LED diod a taktéž určit hodnotu Planckovy konstanty.

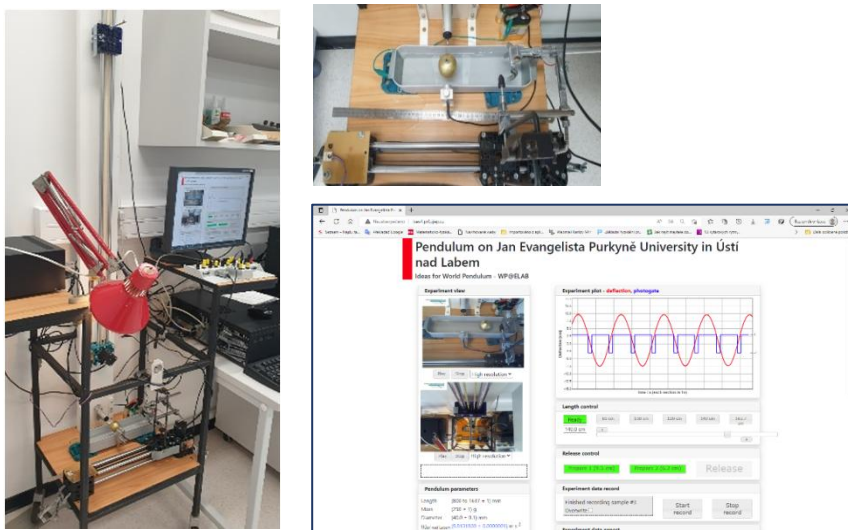


Obr. 3 Voltampérové charakteristiky LED diod – Měření Planckovy konstanty

Vzdálená úloha je na rozcestníku *ises* PřF UJEP Ústí nad Labem [4], resp. na rozcestníku *ises* [3]. Přímá adresa je *ises1.prf.ujep.cz*.

Vzdálený experiment - Matematické kyvadlo

Vzdálená laboratorní úloha umožňuje studium kmitů matematického kyvadla. Lze proměřit dobu kyvu pro různé délky závěsu (rozmezí 80 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 připevňná 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).



Obr. 4 Matematické kyvadlo

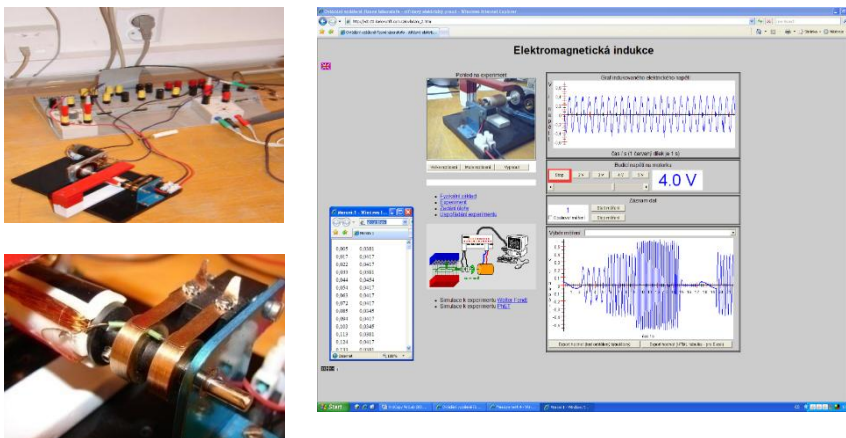
Vzdálená úloha je na rozcestníku *ises* PřF UJEP Ústí nad Labem [4], resp. na rozcestníku *ises* [3]. Přímá adresa je ises4.prf.ujep.cz.

Vzdálené laboratoře na MFF-UK Praha

Vzdálené laboratoře na MFF UK Praha jsou provozovány od roku 2002. Byly mezi prvními v České republice, Evropě i na světě. V roce 2022 zde byly provedeny stavební úpravy, experimenty zde cca 3 měsíce neběžely, v provozu by měly být v průběhu září až října 2022. Připravuje se nový rozcestník *ises* na MFFUK Praha [5]. Prozatím lze všechny vzdálené úlohy provozované na MFFUK Praha spouštět z rozcestníku www.ises.info [3]. Přímé adresy raději neuvádíme, mohou ještě doznat změn. Pro bezproblémový přístup na vzdálené experimenty na MFFUK lze prozatím využít rozcestník *ises* [3], později rozcestník *ises* MFF UK [5].

Vzdálený experiment – Elektromagnetická indukce

Ve vzdáleném experimentu můžeme vzdáleně otáčet cívkou v magnetickém poli. Obdélníková cívka známých rozměrů má dvě vinutí o 12 a 24 závitů. Pólové nástavce vytvářejí v místě rotace cívky homogenní magnetické pole. Kartáčky z jednoho vinutí a z druhého vinutí snímají indukované napětí při různých rychlostech otáčení. Snímání obrazu experimentu je dostatečně rychlé, takže můžeme zároveň sledovat rotující cívku a zároveň sledovat grafický průběh indukovaného napětí. Úloha může být pouze kvalitativní, při vyšších otáčkách vyšší indukované napětí, nebo žáci základních škol mohou spočítat počet otáček cívky, a to jak z on-line videa, tak i přesně z grafického průběhu indukovaného napětí. Vysokoškoláci mohou spočítat magnetický indukční tok při malých a velkých otáčkách (musí být stejný). Protože jsou známé rozměry cívky, magnetická indukce permanentních magnetů i rychlost otáčení, lze spočítat i velikost indukovaného napětí a porovnat ho s naměřenou hodnotou.

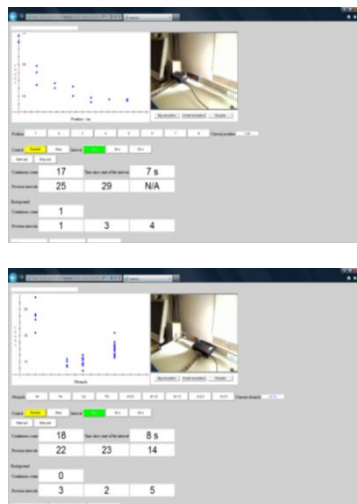
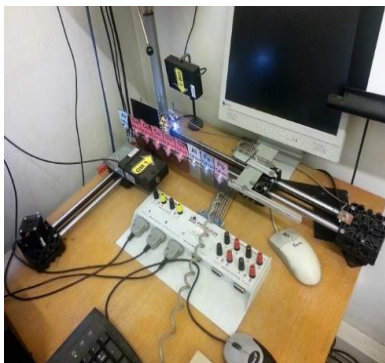


Obr. 5 Elektromagnetická indukce

Vzdálená úloha bude na rozcestníku *ises* MFFUK Praha [5], resp. na rozcestníku *ises* [3]. Přímá adresa se bude nyní měnit.

Vzdálený experiment – Radioaktivita, studium radioaktivity a základní způsoby ochrany před ionizujícím zářením

Soubor tří úloh – ochrana vzdáleností před radioaktivním zářením, ochrana stínícím materiálem před radioaktivním zářením a studium radiačního pozadí. Vzdálený experiment se skládá ze školního zdroje záření gama o energii 60 keV (241 Am, 300 kBq; záření alfa je odstíněno) a ze dvou Geigerových-Müllerových čítačů. Jeden monitoruje přírodní radioaktivní pozadí, druhý je připevněn k XY polohovacímu zařízení, které uživateli umožňuje měnit jednak vzdálenost od zářiče, jednak stínicí vrstvy různých tloušťek (0-2,5 mm po 0,5 mm, měď) a též různé materiály (hliník, železo, olovo – tloušťky 1,0 mm; vzduch). Při dlouhodobém monitorování radioaktivního pozadí v budově MFFUK Praha Geigerovým Mullerovým čítačem se zaznamenávají minutové, hodinové a celodenní četnosti. Lze si zadat data z libovolného zaznamenaného časového úseku (jsou zde i data před a po havárii jaderné elektrárny Fukušima). Data si lze stáhnout např. do Excelu a dále je zpracovávat. Lze ověřit Poissonovo rozdělení četností přirozeného radioačního záření.

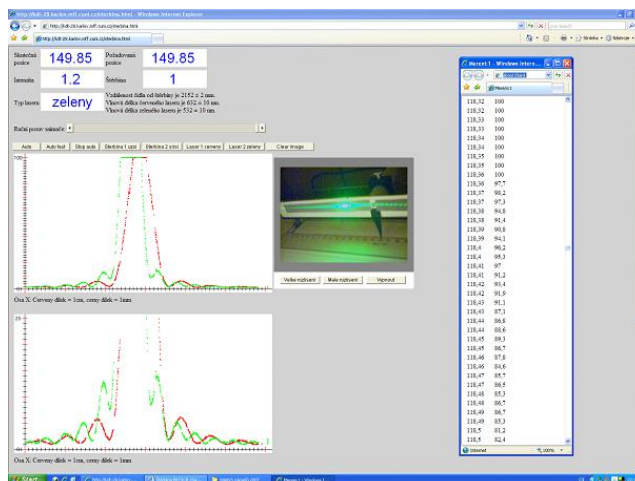


Obr. 6 Radioaktivita

Vzdálená úloha bude na rozcestníku *ises* MFF UK Praha [5], resp. na rozcestníku *ises* [3]. Přímá adresa se bude nyní měnit.

Vzdálený experiment – Ohyb světla na štěrbině

Fraunhoferův ohybový jev měřený při dvou vlnových délkách (červený a zelený laser) a při dvou velikostech šířky štěrbiny. Zaznamenává se ohybový obrazec okolo hlavního maxima. Data intenzity světla v závislosti na poloze si lze stáhnout např. do Excelu a dále je zpracovávat. Cílem je změřit šířku malé a velké štěrbiny. Měla by být stejná při proměrování červeným i zeleným laserem.

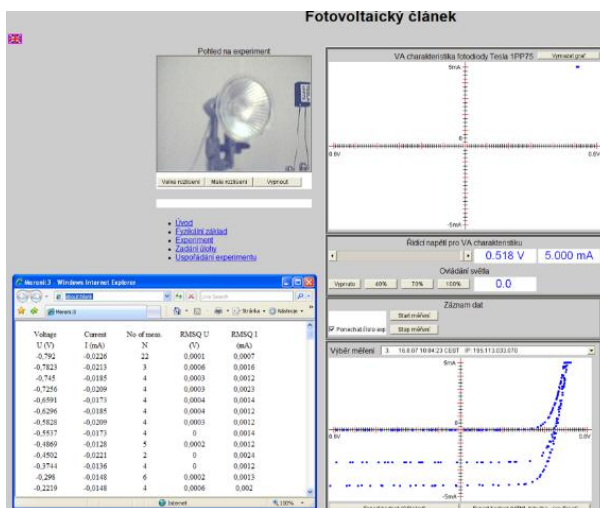
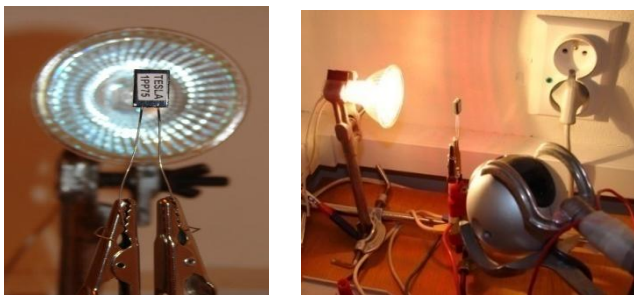


Obr. 7 Ohyb světla na štěrbině

Vzdálená úloha bude na rozcestníku *ises* MFF UK Praha [5], resp. na rozcestníku *ises* [3]. Přímá adresa se bude nyní měnit.

Vzdálený experiment – Přeměna solární energie – Voltampérová charakteristika fotovoltaického článku (fotodiody)

Měří se voltampérové charakteristiky fotovoltaického článku při různých intenzitách osvětlení. Pokročilí experimentátoři mohou z naměřených dat stanovit účinnost převodu solární energie na elektrickou, faktor plnění článku, maximální elektrický výkon fotovoltaického článku, aj.

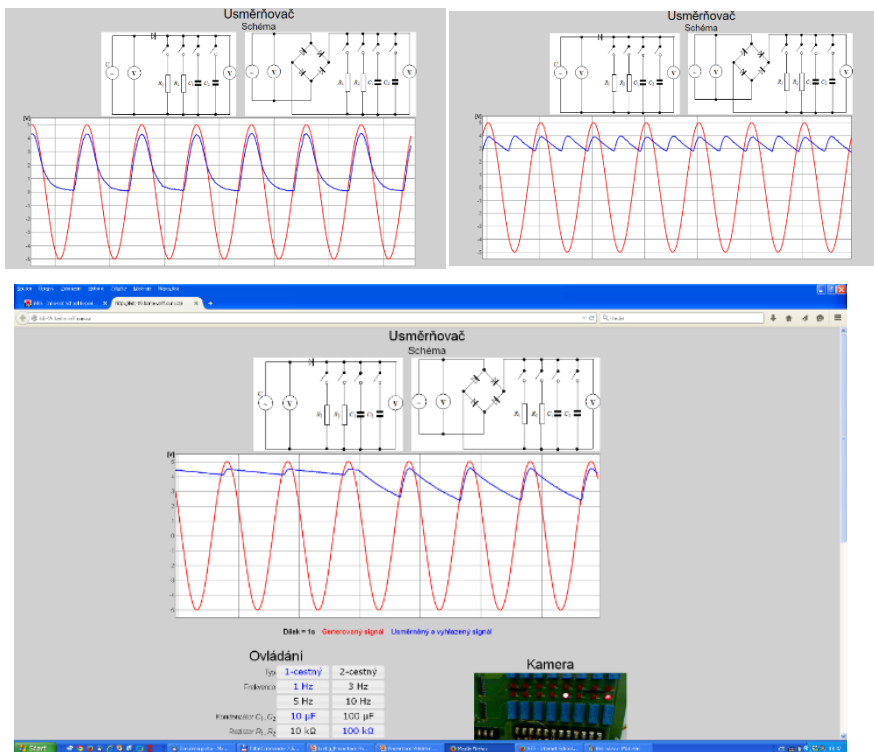


Obr. 8 Přeměna solární energie

Vzdálená úloha bude na rozcestníku *ises* MFF UK Praha [5], resp. na rozcestníku *ises* [3]. Přímá adresa se bude nyní měnit.

Vzdálený experiment – Usměrňovač

Experiment umožňuje sledovat průběh jednocestně a dvoucestně usměrněného napětí v závislosti na odporu zátěže, na kapacitě filtračního kondenzátoru a na frekvenci usměrněvaného napětí. Ve všech třech případech se proměřuje zvlnění usměrněného napětí.

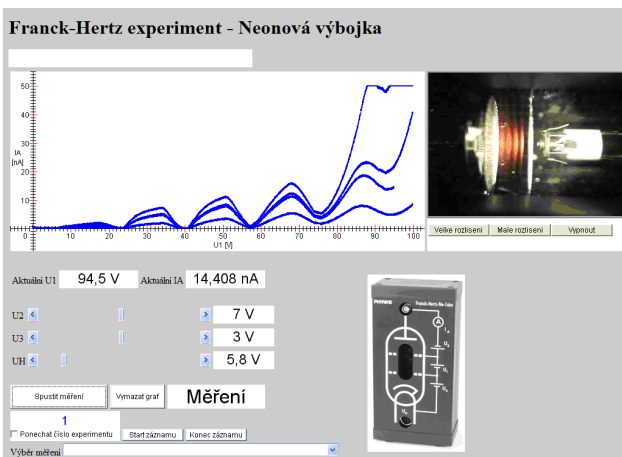


Obr. 9 Usměrňovač

Vzdálená úloha bude na rozcestníku *ises* MFF UK Praha [5], resp. na rozcestníku *ises* [3]. Přímá adresa se bude nyní měnit.

Vzdálený experiment – Franckův-Hertzův experiment

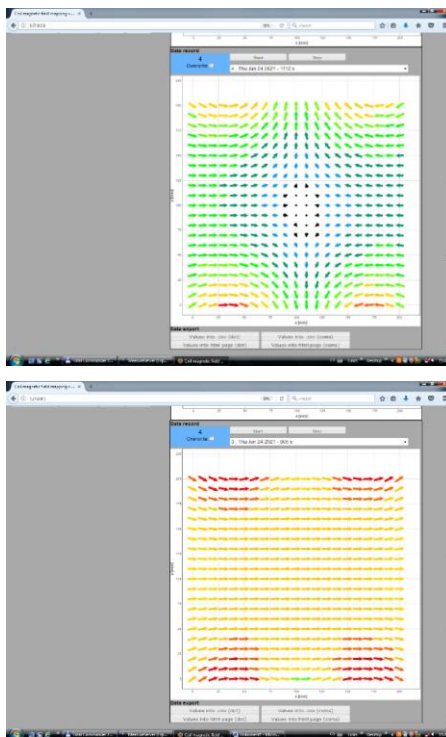
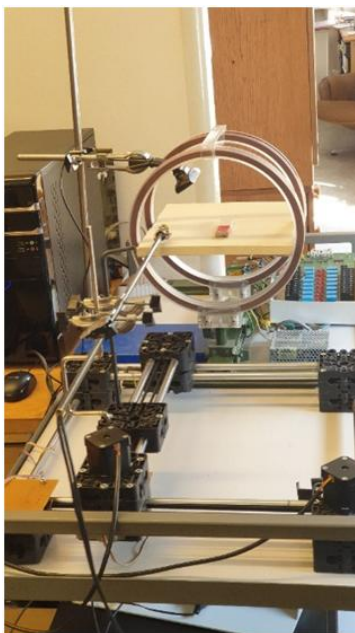
Experiment Franckův-Hertzův experiment je vybudován na standardní aparatuře Phywe. Měří se na neonové výbojce, která má tu výhodu, že se s ní dá měřit i při pokojové teplotě a není třeba výbojku zahřívat, tak jako rtuťovou výbojku. Vlastní propojení F-H aparatury s počítačem je provedeno přes COM, resp. USB kabel. NEPOUŽÍVÁ se měřicí rozhraní ISES! Stačí pouze F-H aparatura, kterou mnohé školy vlastní, a software „iSES VirtualLab SDK“, který poskytneme zdarma.



Obr. 11 Franckův-Hertzův experiment. Vzdálená úloha zatím nikde neběží.

Vzdálený experiment – Mapování magnetického pole Helmholtzových cívek

Experiment umožňuje interaktivní proměření magnetického pole Helmholtzových cívek. Magnetické pole se snímá XY krokovým posuvem pomocí dvojice Halových sond. Máme možnost proměřit každou cívku samostatně, případně obě cívky v souhlasném, či nesouhlasném zapojení.



Obr. 12 Mapování mg pole Helmholtzových cívek. Cívky jsou zapojené souhlasně a nesouhlasně. Vzdálená úloha zatím nikde neběží.

Závěr

V příspěvku jsme uvedli přehled 12 funkčních vzdálených experimentů, které jsou nově umístěny na PřF UJEP v Ústí nad Labem, a vzdálených experimentů na MFFUK v Praze, které prošly renovací. Obě fakulty mají

v současné době ne úplně funkční rozcestníky. Všechny nové i původní informace včetně funkčních odkazů na experimenty naleznete stále na rozcestníku *ises* [3].

Vzdálené experimenty jsou i na jiných pracovištích FAI Zlín, PedF Trnava, Gymnázium Klatovy aj. Zde jsme uvedli přehled vzdálených experimentů na dvou spolupracujících pracovištích. Tyto vzdálené experimenty spojuje použití měřicího systému *ISES* a softwarové stavebnice *iSES Remote Lab SDK* [2]. Ovládání takto postavených vzdálených experimentů má shodné intuitivní ovládání.

Literatura

- [1] Schauer F., Lustig F., Dvořák J., Ožvoldová M.: *Easy to Build Remote Laboratory with Data Transfer using ISES – Internet School Experimental System*. Eur. J. Phys. 29. 753-765. 2008.
- [2] Lustig F., Brom P., Kuriščák P. D.: *Professional and Hobby Hands-on-Remote Experiments*, AIP Conference Proceedings, vol. 2152, 9–12 October 2019, Terchová, Slovakia, ISBN 978-0-7354-1897-4, ISSN 0094-243X, pp. 030020-1–030020-7.
- [3] Rozcestník vzdálených experimentů *ises*. [cit. 28. 8. 2022]. Dostupné online: <https://www.ises.info/index.php/cs/laboratory>
- [4] Rozcestník vzdálených experimentů *ises PřF UJEP*. [cit. 28. 8. 2022]. Dostupné online: <https://www.physics.ujep.cz/cs/vzdalene-experimenty/>
- [5] Rozcestník vzdálených experimentů *ises MFF UK*. Připravuje se.