

Distanční výuka fyzikálních praktik – výzva a její realizace

Remote Teaching of Physical Laboratories—the Challenge and its Realization

JANA JURMANOVÁ^{a, *}, MARTINA MRKVIČKOVÁ^a, ZBYNĚK FIŠER^a

^a Masaryk University, Faculty of Science, Department of Physical Electronics, Kotlářská 2, 611 37 Brno, Czech Republic, janar@physics.muni.cz

Abstrakt

Distanční výuka s sebou nese nutnost nových přístupů ke vzdělávání studentů. Zásadní výzvou je zajištění výuky praktické, především laboratorních prací. Tento úkol musel vyřešit tým připravující Fyzikální praktikum pro nefyzikální obory (F2210, jaro 2021, PŘF MU). Reálný experiment jsme se pokusili nahradit kombinací zprostředkovaného pozorování, zpracování naměřených dat, modelováním pomocí webových aplikací a domácích pokusů – frontálních či individuálních.

Klíčová slova: laboratorní cvičení; modelování; webové aplikace; zprostředkované pozorování

Abstract

Remote teaching demands new approaches to the education of students. The major challenge is the arrangement of practical courses, especially laboratories. This task had to be solved by the team preparing Laboratory physics for non-physics students (F2210, spring 2021, Sci MUNI). We tried to replace the actual experiment with a combination of mediated observation, analysis of measured data, modeling with the use of web applications and experiments at home—either teacher-directed or individual.

Key words: laboratory exercise; mediated observation; modeling; web application

Úvod

Fyzikální praktikum pro nefyzikální obory je první praktikum, které mohou studující oboru biochemie a chemie při svém studiu na MU absolvovat [1]. Hlavním cílem předmětu je seznámit studenty se základy práce v laboratoři

a dalšími důležitými dovednostmi, které s tím souvisejí, jako je měření nejrůznějších fyzikálních veličin, zpracování a vyhodnocování dat (určení nejistoty, tvorba grafů, jednoduché fitování, ...). Připravené fyzikální úlohy jsou velmi různorodé a pokrývají celou oblast fyziky od mechaniky přes termodynamiku až po optiku. Široké spektrum úloh umožňuje sestavit obsah praktika tak, aby bylo zajímavé i pro ty, pro něž fyzika není klíčovým oborem. Se začátkem covidu-19 musel tým vyučujících čelit velké výzvě: Jak realizovat distanční výuku praktika? V příspěvku nabízíme nejen inspiraci k vyučování obdobných praktických předmětů v distanční formě, ale také zamyšlení nad zhodnocením nabytých zkušeností a jejich aplikací pro prezenční výuku.

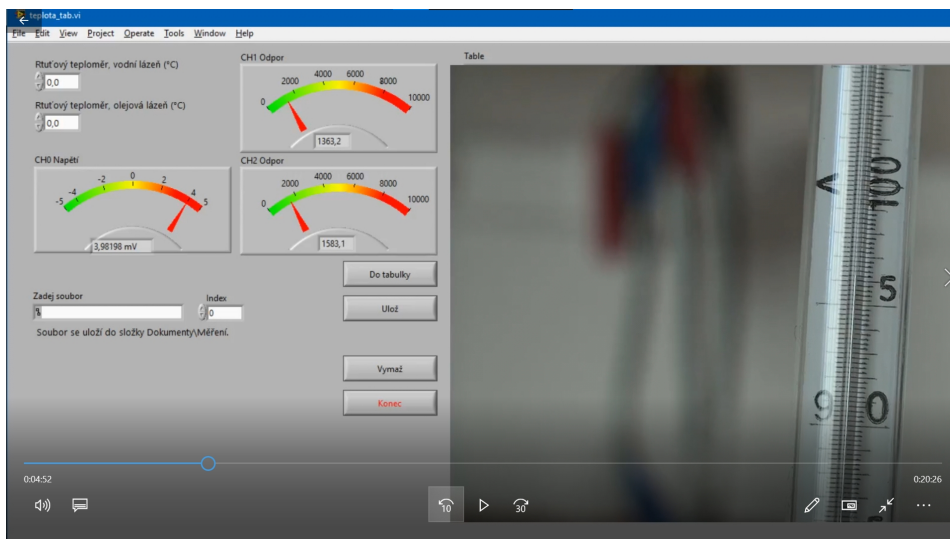
Srovnání kontaktní a distanční výuky předmětu

Praktikum běžně probíhalo tak, že si studenti vytvořili dvojice, ve kterých měřili a zpracovávali jednotlivé úlohy v laboratořích v průběhu semestru. Základ tohoto modelu jsme ponechali i do distanční výuky. Studenti (celkem 31 frekventantů) se tedy opět seskupili do dvojic, se kterými jsme dále pracovali. Distanční výuka v semestru probíhala pomocí MS Teams pravidelně každý týden podle rozvrhu. Jednotlivé lekce začínaly školením k nové (následující) úloze, kterou měli studenti do týdne zpracovat a vyplnit příslušný pracovní list. Ve druhé části lekce probíhalo (po dvojicích) testování odevzdaných pracovních listů k úloze z minulého týdne. Pracovní listy opravovali vyučující s předstihem, vrátili je studentům k nahlédnutí a při testování všichni společně dořešili nedostatky a případné chyby.

K převedení úloh praktika do distanční výuky jsme využili několik přístupů. Nejjednodušší, co by se dalo v takovéto situaci udělat, je nechat studenty zpracovat již dříve naměřená data. Protože ale procházet sloupce dat je nudné, používali jsme i zprostředkované pozorování, kdy měli studenti odečítat data z videozáznamu, anebo rovnou vyhodnocovat pokus předváděný v přímém přenosu. Dále mohli pracovat s webovými aplikacemi a simulovat vybrané experimenty. Také dostali za úkol sestavit a zdokumentovat vlastní domácí pokusy s jednoduchými či běžně dostupnými pomůckami. Distanční výuku jsme v úvodu semestru zahájili rozsáhlejším frontálním experimentem s online sdílením a vyhodnocením dat, kterému bude věnována vlastní podkapitola.

Zprostředkované pozorování jako motivující prvek ve výuce

V rámci úlohy věnované měření teploty jsme využili možnost poskytnout studentům ke zpracování videozáznam – experimenty byly připraveny přímo v laboratoři a natočeny s dobrým detailním rozlišením. První pokus se týkal kalibrace různých čidel pro kontaktní měření teploty, která byla současně ponořena do olejové lázně a postupně zahřívána. Na videozáznamu lze sledovat několik měřených fyzikálních veličin současně, jak je vidět na obr. 1. V pravé části obrazu je dobře viditelná teplota olejové lázně určovaná kapalinovým teploměrem a v levé části lze odečítat hodnoty odporů a napětí pro různá odporová a termočláňková čidla. Studenti si z videozáznamu vybrali náhodně několik teplot a k těm vypsali parametry odporů a napětí. Získaná data graficky zpracovali a určili z nich typy odporových čidel a termočláňku.



Obrázek 1. Ukázka z videozáznamu pro kalibraci teplotních čidel, který studenti dále zpracovávali. Na obrázku vpravo je vidět teplota olejové lázně a vlevo měřené hodnoty odporu a napětí

Druhé video bylo věnováno záludnostem měření teploty infračervenými teploměry. Pomocí plotýnkového vařiče jsme vyhřáli na přibližně 300 °C měděnou desku, jejíž povrch byl částečně pokryt černým žáruvzdorným lakem a částečně lesklou stříbrenkou. Teplota se měřila pomocí kontaktního a infračerveného teploměru střídavě na obou površích. U černého se hodnoty teplot celkem dobře shodovaly, zatímco u lesklého byly výrazně

rozdílné, jak je vidět na obr. 2. Důvodem byla nízká emisivita lesklého povrchu. Teorii k této problematice vysvětlili vyučující při předchozí instruktážní hodině a zároveň byla k dispozici v návodech k úloze [2]. Úkolem pro studenty bylo odečíst z videozáznamu relevantní data a s jejich pomocí stanovit emisivitu obou povrchů.

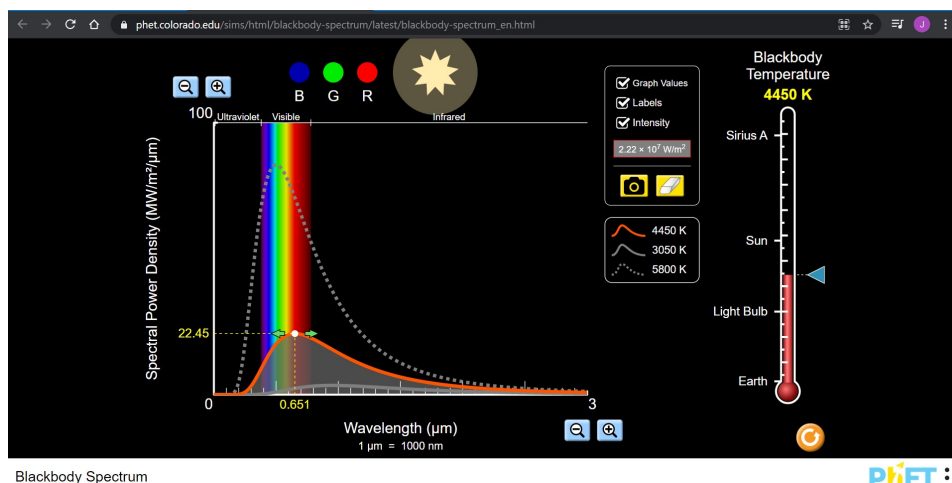


Obrázek 2. Ukázka z videozáznamu k porovnání měření teploty černého a lesklého povrchu pomocí kontaktního a infračerveného teploměru (cílem úlohy bylo určit emisivitu obou povrchů)

Modelování pomocí webových aplikací – co již je připraveno, jen to využít, anebo s čím studenti mohou simulovat průběh skutečného experimentu

V průběhu distanční výuky jsme se snažili mít hodiny co nejpestřejší, aby studenti absolvovali semestr bez pocitu rozčarování, že si zvolili příliš nudný předmět (F2210 není povinný). K tomu jsme využili několik webových aplikací a appletů, které mohou výuku osvěžit a také i motivovat studenty k samostudiu dané problematiky. Jednou z těchto webových stránek je projekt PhET [3], kde je připraveno více než sto různorodých simulací ze všech přírodních věd. Lze je spustit přímo ve webovém prohlížeči a není tedy nutné nic stahovat a instalovat. Samotný uživatel si už jenom mění vstupní parametry, okolní podmínky apod. a vyhodnocuje, jak tato změna ovlivní výsledek virtuálního experimentu. V rámci úlohy věnované světlu jsme využili z této webové stránky simulaci záření černého tělesa (viz obr. 3)

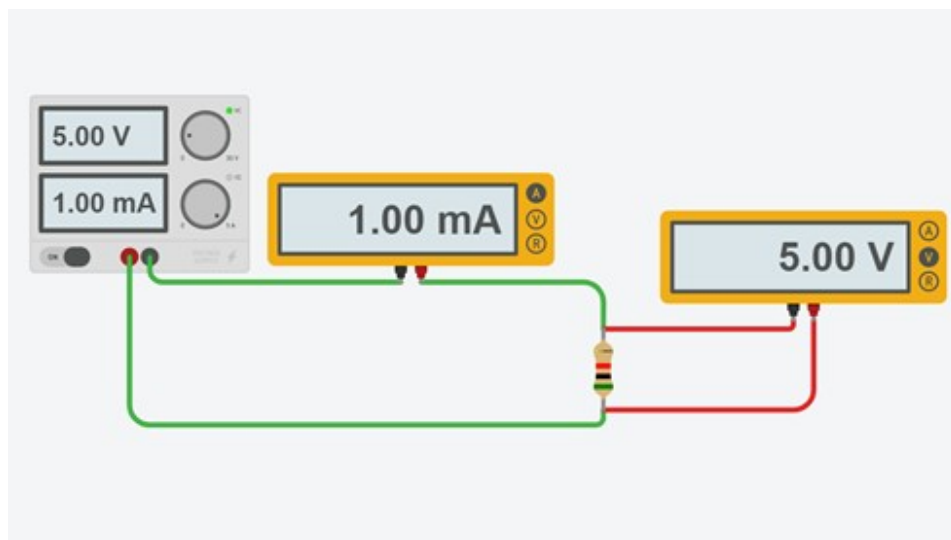
[4]. Pomocí změny teploty na panelu vpravo je možné krásně demonstrovat, proč se liší spektrum žárovky a Slunce.



Obrázek 3. Simulace záření černého tělesa pomocí již hotového appletu, který je dostupný na webových stránkách PhET [4]

Další webovou stránku s volně dostupnými a již připravenými simulacemi nabízí RNDr. Vladimír Vašćák [5]. Zde je k dispozici také velké množství zajímavých materiálů, které jsou ovšem zaměřeny pouze na fyziku.

Výše zmíněné stránky obsahují již hotové simulace, nicméně v rámci praktika je dobré, aby si studenti zkusili něco sestavit sami. K tomuto účelu jsme využili volně dostupný program Tinkercad [6]. Jedná se o webovou stránku umožňující simulování elektrických obvodů se širokými možnostmi práce s různými komponentami. Ovládání programu je jednoduché a i grafické zpracování je povedené, jak je vidět na obr. 4. Velmi pozitivní je, že základní měřicí prvky (ampérmetr a voltmetr) mají vlastní vnitřní odpor, který můžeme naměřit pomocí substitučních metod (toto bylo téma jedné z úloh praktika). Další velkou předností programu je vynikající shoda výsledků simulovaného měření se skutečně naměřenými veličinami. Ukázalo se, že tento přístup měl i pozitivní vliv na pozdější práci studentů v reálné laboratoři, protože po virtuálním vyzkoušení, jak se obvody sestavují, pracovali v samotném praktiku se skutečnými přístroji s mnohem větší jistotou.



Obrázek 4. Sestavení obvodu pro ověření platnosti Ohmova zákona v programu Tinkercad [6]. Tento program byl využit i pro jiné simulace fungování reálných elektrických obvodů

Domácí frontální experiment s online sdílením výsledků

Po úvodním proškolení jsme se rozhodli hned v druhé hodině praktika se studenty provést a zpracovat domácí pokus. Jako vhodnou frontální úlohu jsme vybrali určení tíhového zrychlení pomocí matematického kyvadla. Cílem bylo nejen získat výsledek, ale hlavně hned zpočátku semestru motivovat studenty k sestavení vlastního experimentu a projít s nimi zpracování dat včetně určení nejistoty [7]. Důvodem výběru této úlohy byl fakt, že se jedná o jednoduchý pokus, který lze zkonstruovat i doma (postačí závěs, nit a závaží) a měříme u něj snadno měřitelné veličiny (postačí pravítko a stopky). Navíc také známe „správnou“ hodnotu, se kterou lze získané výsledky srovnávat. Všichni studenti si měli na tuto úlohu dopředu sestavit doma vlastní matematické kyvadlo, na kterém potom reálně měřili v průběhu lekce potřebné fyzikální veličiny. Současně s nimi pracovali na své aparatuře v praktiku i vyučující. Naměřené hodnoty všichni zaznamenávali do připravené Google tabulky, kde bylo možné sledovat online v reálném čase, jaké výsledky kdo získává. Následně se data zpracovávala společně včetně určení nejistot přímo i nepřímě měřených veličin. Toto frontální určování nejistot bylo prostředkem k odstranění psychického bloku studentů, který v nich obvykle vznikne po seznámení s teorií zpracování měření. Bojí se uvedené postupy aplikovat na konkrétní situace, protože se jim jeví jako obtížné, nepochopitelné a především nepotřebné

pro vyhodnocení výsledků. Společná práce s daty z domácího frontálního experimentu většinu z nich přesvědčila, že jejich obavy z pokročilého matematického aparátu nejsou na místě. Porovnání sady výsledků získaných na velkém vzorku velmi rozdílných experimentálních sestav v domácnostech jednotlivých studentů navíc umožnilo přirozeně navázat debatou o přesnosti měření, vlivu náhodných a systematických chyb a možnostech jejich eliminace.

Závěr

Při přípravě praktika do formy distanční výuky jsme zjistili několik zajímavých poznatků a vyzkoušeli některé neotřelé postupy, které by mohly být zachovány i v prezenční výuce. Jako velmi přínosné se ukázalo využití webových aplikací sloužících k simulování fyzikálních jevů, které dokáží danou problematiku názorně ilustrovat, a tak v samotném praktiku už studenti vědí, co je čeká. Zprostředkované pozorování zase pomůže studentům objasnit, s jakým vybavením budou pracovat a co bude jejich cílem. Pro zájemce je možné nad rámec praktika ještě výuku doplnit domácími dobrovolnými experimenty, případně je s minimálním úsilím naučit připravit si skripty pro výpočty a zpracování dat. Hlavním přínosem distanční výuky je tedy poznatek, že příprava na prezenční praktikum nemusí být jenom čtení návodu, ale je možné ji zpestřit pomocí některých výše uvedených motivačních prvků.

Poděkování

Děkujeme doc. Zdeňku Navrátilovi za přípravu a poskytnutí kvalitních výukových videozáznamů, používaných v prezentovaném praktiku, a RNDr. Lubošovi Poláčkovi, Dr. Ondřejovi Jaškovi, doc. Zdeňkovi Bochníčkoví a doc. Pavlovi Slavičkoví za pomoc s přípravou distanční podoby praktika.

Bibliografie

- [1] <https://is.muni.cz/predmet/sci/jaro2021/F2210> (navštíveno 30. 7. 2021)
- [2] https://www.physics.muni.cz/kof/vyuka/fpno_05.pdf (navštíveno 30.7.2021)
- [3] <https://phet.colorado.edu/cs/> (navštíveno 30.7.2021)
- [4] https://phet.colorado.edu/sims/html/blackbody-spectrum/latest/blackbody-spectrum_en.html (navštíveno 30. 7. 2021)
- [5] <https://www.vascak.cz/> (navštíveno 30. 7. 2021)
- [6] <https://www.tinkercad.com/> (navštíveno 30. 7. 2021)
- [7] https://www.physics.muni.cz/kof/vyuka/fp1_00.pdf (navštíveno 30. 7. 2021)



Tato práce je šířena pod licencí Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>). Uvedené se nevztahuje na díla či prvky (např. obrazovou či fotografickou dokumentaci), které jsou v díle užity na základě smluvní licence nebo výjimky či omezení příslušných práv.