

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA APLIKOVANÝCH VĚD

KATEDRA FYZIKY

**BADATELSKY ORIENTOVANÉ LABORATORNÍ PRÁCE
Z FYZIKY INSPIROVANÉ NÁVODY K ŠKOLNÍM MĚŘÍCÍM
SYSTÉMŮM**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Daniel Aul

Učitelství fyziky pro střední školy

Vedoucí práce: doc. Mgr. Jiří Kohout, Ph.D.

Plzeň, 2024

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně
s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

V Plzni dne

.....
vlastnoruční podpis

PODĚKOVÁNÍ

Dovoluji si tímto způsobem poděkovat svému vedoucímu diplomové práce doc. Mgr. Jiřímu Kohoutovi Ph.D. za neutuchající vstřícnost, cenné rady, nápady a připomínky při tvorbě této práce. Také bych rád poděkoval nejbližší rodině za stálou podporu, ohleduplnost a zázemí nejen při vypracování této práce, ale při celém studiu. Veliké díky patří RNDr. Miroslavu Randovi Ph.D. za pomoc při ověřování jedné z laboratorních prací.

OBSAH

ANOTACE	3
ÚVOD	4
1 SEZNÁMENÍ S EXISTUJÍCÍMI ŠKOLNÍMI MĚŘÍCÍMI SYSTÉMY VYUŽITELNÝMI PŘI LABORATORNÍCH PRACÍCH Z FYZIKY (ISES, PASCO, VERNIER).....	5
1.1 VÝZNAM EXPERIMENTU PŘI VÝUCE.....	5
1.2 ŠKOLNÍ MĚŘÍCÍ SYSTÉMY.....	5
1.3 DEEP LEARNING A SURFACE LEARNING	7
1.4 ANALÝZA VYBRANÝCH ŠKOLNÍCH MĚŘÍCÍCH SYSTÉMŮ	9
1.4.1 ISES	9
1.4.2 Pasco.....	10
1.4.3 Vernier	10
1.5 SHRNUTÍ	11
2 ANALÝZA LABORATORNÍCH PRACÍ NAVRŽENÝCH V MANUÁLECH K TĚMTO MĚŘÍCÍM SYSTÉMŮM Z HLEDISKA ÚROVNĚ BADATELSKÝCH AKTIVIT V NICH.....	13
2.1 BADATELSKY ORIENTOVANÁ VÝUKA.....	13
2.1.1 Úrovně badatelství	13
2.1.2 Význam badatelství	14
2.2 LABORATORNÍ PRÁCE S MĚŘÍCÍM SYSTÉMEM ISES	15
2.2.1 Otáčivý pohyb vrtule (nižší gymnázium).....	15
2.2.2 Volný pád (nižší gymnázium)	17
2.2.3 Řazení rezistorů	19
2.2.4 Posouzení dalších úloh	22
2.3 LABORATORNÍ PRÁCE S MĚŘÍCÍM SYSTÉMEM PASCO	26
2.3.1 Měření napětí citronové baterie	26
2.3.2 Deformační zóna.....	28
2.3.3 Měření teploty tání vody a ledu s přídavkem soli	30
2.3.4 Posouzení dalších úloh	32
2.4 LABORATORNÍ PRÁCE S MĚŘÍCÍM SYSTÉMEM VERNIER.....	33
2.4.1 Co unese lidský vlas	34
2.4.2 Reakční doba na sluchový podnět.....	35
2.4.3 Princip airbagu.....	37
2.4.4 Posouzení dalších úloh	38
2.5 SHRNUTÍ	40
3 REALIZACE DOTAZNÍKOVÉHO VÝZKUMNÉHO ŠETŘENÍ MEZI UČITELI STŘEDNÍCH ŠKOL, KTERÉ BUDE ZAMĚŘENO NA JEJICH ZNALOSTI, POSTOJE A MÍRU VYUŽÍVÁNÍ ŠKOLNÍCH MĚŘÍCÍCH SYSTÉMŮ S AKCENTEM NA BADATELSKY ORIENTOVANÉ AKTIVITY	41
3.1 LITERATURA ZABÝVAJÍCÍ SE VÝZKUMY NA TOTO TÉMA	41
3.1.1 Dataloggers and inquiry science (tan et. al, 2005)	41
3.1.2 Impact of dataloggers on science and teaching (Le Boniec, Gras-Velázquez, Joyce, 2011)	42
3.2 VÝSLEDKY DOTAZNÍKOVÉHO ŠETŘENÍ	43
3.3 ANALÝZA VÝSLEDKŮ DOTAZNÍKU	52
3.4 SHRNUTÍ	55
4 ÚPRAVA NÁMĚTŮ NA LABORATORNÍ PRÁCE POMOCÍ ŠKOLNÍCH MĚŘÍCÍCH SYSTÉMŮ TAK, ABY BYLY REALIZOVATELNÉ I S JEDNODUCHÝMI POMŮCKAMI A DOSAHOVALY VYŠŠÍ ÚROVNĚ BADATELSTVÍ.....	56

4.1	MĚŘENÍ KONCENTRACE ROZTOKU NaCl	56
4.2	MĚŘENÍ ODPORU GRAFITOVÝCH TUH.....	65
4.3	DALŠÍ NÁMĚTY NA BADATELSKY ORIENTO VANÉ LABORATOŘE	69
4.3.1	Směs vody a ledu	69
4.3.2	Grafitová cesta.....	69
4.3.3	Galvanický článek z citrónu	71
4.4	SHRNU TÍ	71
5	OVĚŘENÍ NĚKTERÉ Z NOVĚ NAVRŽENÝCH/UPRAVENÝCH LABORATORNÍCH ÚLOH V PRAXI	72
5.1	POPIS LABORATORNÍCH PODMÍNEK	72
5.2	PRÁCE V LABORATOŘI	72
5.2.1	Úvod	72
5.2.2	Postup práce	72
5.2.3	Výpočty a výsledky	73
5.3	NÁVRH NA ÚPRAVU LABORATORNÍ PRÁCE	74
5.4	SHRNU TÍ	75
6	ZÁVĚR.....	76
	SEZNAM LITERATURY	I
	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	IV

ANOTACE

Diplomová práce se skládá vedle stručného Úvodu a Závěru z pěti částí (kapitol). V první části se věnuje školním měřícím systémům, které jsou používány nejčastěji a literatuře o nich pojednávající. V druhé části je zohledněna badatelsky orientovaná výuka a analýza laboratorních prací daných měřících systémů z pohledu badatelství. Třetí část se zabývá dotazníkovým šetřením mezi pedagogy středních škol, které má za cíl zjistit současné znalosti, postoje a míru využívání měřících systémů s akcentem na badatelsky orientované aktivity. V předposlední kapitole jsou navrženy laboratorní úlohy, které splňují vyšší stupeň badatelství a zároveň jsou proveditelné s běžně dostupnými pomůckami. V poslední kapitole je otestována jedna z navržených úloh v praxi.

Úvod

V současné době nabývá výuka fyziky stále většího významu ve školním vzdělávání, a to nejen z hlediska osvojení teoretických znalostí, ale také prostřednictvím praktických experimentů a laboratorních prací. Laboratorní práce hrají klíčovou roli ve výuce fyziky, neboť umožňují studentům prohloubit své pochopení fyzikálních principů a současně rozvíjet jejich kritické myšlení, analytické dovednosti a schopnost řešit reálné problémy.

Pro efektivní realizaci laboratorních prací je nezbytné používat kvalitní a přesné měřicí systémy, které umožňují studentům provádět experimenty s vysokou spolehlivostí a přesností. V rámci této kapitoly se zaměříme na seznámení s existujícími školními měřicími systémy, které jsou široce využívány při výuce fyziky a poskytují studentům moderní nástroje pro provádění experimentů.

Mezi tři zásadní měřicí systémy patří ISES (internetové školní experimentální studio), Pasco a Vernier. Tyto systémy se vyznačují komplexním přístupem k výuce fyziky a poskytují učitelům i studentům bohatou paletu měřících přístrojů a softwarových aplikací, jež umožňují provádět širokou škálu experimentů napříč různými oblastmi fyziky.

1 SEZNÁMENÍ S EXISTUJÍCÍMI ŠKOLNÍMI MĚŘÍCÍMI SYSTÉMY VYUŽITELNÝMI PŘI LABORATORNÍCH PRACÍCH Z FYZIKY (ISES, PASCO, VERNIER)

1.1 VÝZNAM EXPERIMENTU PŘI VÝUCE

Jak již známo, výuka fyziky je základním kamenem pro porozumění zákonů a principů, které řídí fyzikální svět kolem nás. Jelikož fyzika zkoumá podstatu hmoty, energie, prostoru a času, není snadné tyto abstraktní koncepty předat studentům pouze prostřednictvím teoretických výkladů. Právě zde vstupují experimenty, které mají významnou roli ve výuce fyziky.

Z hlediska výukových metod patří experiment mezi metody názorně demonstrační (demonstrační experiment) a dovednostně praktické. Jejich uplatnění ale můžeme najít i v rámci aktivizujících metod (Maňák & Švec, 2003). Při experimentu také dochází k rozvoji kompetencí. Trumper (2003) hledí na význam experimentu v získání zručnosti díky experimentální práci s pomůckami a potřebným vybavením, rozvíjení schopnosti v kritickém myšlení, schopnost formulovat problémy a následně jejich řešení. Také vyzdvihuje schopnost konkretizace pojmů, upevňování a aplikaci známých pojmů. Dále pochopení principů vědecké činnosti, a nakonec podpoření zvědavosti, otevřenosti a reálnější vnímání skutečnosti a podstaty měření.

1.2 ŠKOLNÍ MĚŘÍCÍ SYSTÉMY

Jak již naznačeno, cílem experimentů je rozvíjet žákovi kompetence a prohlubovat jeho znalosti skrze ověřování principu experimentem. Tedy stavět žáka do role vědce, který se problémem zabývá a řeší ho. Ovšem, abychom žákovi plně přiblížili situaci bádajícího vědce, je nutno mu zajistit i adekvátní vybavení na zkoumání experimentů. V tu chvíli vstupují na scénu čidla.

Čidla/senzory jako taková jsou dalším pokrokem k nejefektivnějšímu měření. V rámci používání počítačů například umožňují rychlejší a přesnější měření, než tomu bylo u starších analogových přístrojů. Také zjednodušují celý proces bádání, protože manipulace s nimi je daleko jednodušší než práce se zastaralými přístroji. Díky tomu se nám naskytuje jako možnost i automatizace procesu. A tedy si žáci během měření mohou zdokonalovat dovednosti kritického myšlení k prohloubení znalostí, protože se soustředí primárně na

experiment, nikoliv na obtížnou manipulaci, jak by tomu bylo u zastaralých analogových zařízení (Thornton, 2008). Čidla si našla uplatnění ale nejen v laboratoři, ale i v běžném životě. Například v rámci termostatických systémů a měřidel spotřeby energie. A tedy je pro žáky vhodné, aby se s těmito čidly naučili pracovat.

Pokud se chceme zabývat využitím senzorů ve výuce, můžeme se v odborné literatuře setkat s různými označeními. Mezi hlavními je například označení CBL (Calculator Based Laboratory) anebo novější termín MBL (Microcomputer Based Laboratory). Nyní se ovšem setkáváme i s termínem probeware. Tento termín šikovně spojuje počítač a příslušný software ke sběru dat („ware“) spolu s instrumentální technikou použitou k měření („probe“ - čidlo/senzor). Lze ovšem výše zmíněné termíny chápat jako ekvivalenty (Tinker, 2000).

Čidlo tedy zprostředkovává měření a počítač sbírá a zpracuje data, můžeme se setkat, že má funkci tzv. dataloggeru (tedy zařízení zprostředkovávajícího sběr a záznam dat).

K tomu, aby bylo využití školních měřících systémů (ŠMS) co nejefektivnější, je vhodné, aby byly splněny tyto vlastnosti (Šmejkal, 2019):

1.) Jednoduché zapojení, ovládání, snadná uživatelská přívětivost, názornost

Tento bod akcentuje, aby se se zařízením dalo snadno pracovat a nepůsobilo tak problémy při práci žákům a učitelům samotným. Reisenhofer (2006) například říká, že úskalí ŠMS je to, že se nakoupí, ale poté učitelé nevědí, jak s ním pracovat. Nebo ho nepoužívají správně, a tudíž ho nevyužijí v plné škále. To pak vede k demotivaci používání ŠMS jak u učitelů, tak i u studentů (Reisenhofer, 2006).

2.) Přiměřené prostorové nároky, mobilita

Tedy aby systém nezabíral příliš mnoho místa a dalo se s ním dobře pohybovat. To má pak za následek snazší organizaci a realizaci experimentu.

3.) Modularita, jednodušnost ovládání

Je výhodou, pokud je možné více zařízení obsluhovat, po softwarové i hardwarové stránce jednotným způsobem

4.) Odolnost

Vzhledem k manipulaci se zařízením je vhodné, aby bylo odolné před nežádoucím poškozením a aby obaly senzorů byly dostatečně robustní, utěsněné vůči průniku vlhkosti, apod. Je zdůrazněno, že ve školním prostředí pracuje velké množství žáků, kteří nejsou obeznámeni plně s technikou, a tedy riziko nechtěného poškození zařízení je vyšší.

5.) Jednoduchá a nenáročná údržba a provoz

Tím je myšlena i například finanční stránka věci. Školy zřídka mají prostředky na provoz zařízení pro výuku, a tudíž pak nejsou zařízení ve výuce používány. Navíc by náročnější údržba zvýšila nároky na učitele coby vedoucího laboratoře, což by vedlo k dalšímu omezení údržby a tím i využití ŠMS.

6.) Přiměřená cena

Tento bod je detailněji rozebrán v článku Nízkonákladové alternativy komerčních laboratorních souprav pro fyzikální experimenty (Kodejška et al., 2015). Autoři zde poukazují na skutečnost, že zakoupení jedné sady vyjde na zhruba 800 euro (tedy něco okolo 19 000 Kč). A je tedy finančně náročné obstarat každé lavici soupravu, aby mohla měřit experiment. Což je značně limitující faktor, který může mít za důsledek, že se ve výuce ŠMS nakonec nevyužije, nebo jen v malé míře. Autoři nabízí tedy nízkonákladové alternativy pokusů, které jsou podobné těm, které uvádějí ve svých katalozích výrobci ŠMS (PASCO, Vernier, ISES, apod.).

7.) Spolehlivost zařízení

Tedy vlastnost zařízení reprodukovat experimenty s přesností, vyloučení neočekávaným selháním a odchylkám od běžného stavu (vlivem špatných kontaktů, nevhodnou konstrukcí, apod.).

1.3 DEEP LEARNING A SURFACE LEARNING

V souvislosti o školních měřících systémech a jejich využití ve výuce je vhodné zmínit i pojem tzv. deep learningu (tedy hloubkového učení) a surface learning (povrchového učení). Vernier (2012) například uvádí, že studenti, kteří používají probeware získávají lepší výsledky (tedy hlubší porozumění tématice, a tudíž více rozvinuté hloubkové učení), než studenti, kteří uvedli, že nikdy probeware nepoužili (byť je článek přímo od Verniera – tedy přímo výrobce probeware, cituje mnohé studie zabývající se na toto téma, což mu dodává

větší míru reliability). Rovněž studenti jsou více motivováni k učení látky jako takovému. Porovnání deep learningu a surface learningu výstižně shrnuje následující tabulka (Price, 2017):

Tabulka 1: Rozdíl mezi povrchoým a hloubkovým učením

	Povrchové učení	Hloubkové učení
Vědomosti	Informace o problematice jsou získány méně relevantními fakty a s nízkou mírou integrace s již existujícími vědomosti.	Zvýšené porozumění problematiky zahrnující pochopení základních principů.
Aplikace	Aplikace nových poznatků jsou uplatněny v konkrétních úkolech a problémech, které ovšem postrádají přenositelnost (tedy uplatnění stejných poznatků v problémech jiných).	Aplikace nových poznatků v různých odlišných kontextech a situacích.
Perzistence	Informace nabytá díky povrchovému učení setrvá v mysli po krátkou dobu.	Informace nabytá hloubkovým učením může mít za následek dlouhodobé osobnostní změny.
Metakognice	Předchozí znalosti, které jsou nedostatečné nebo nepřiměřené mají za následek přijmutí povrchového učení.	Předchozí znalosti, které jsou informačně bohaté a relevantní mají za následek přijmutí hloubkového učení.

Tedy tzv. Hloubkové učení má za následek, že si žáci lépe osvojí látku, jsou schopny je uvést do kontextu, pochopí základní principy a uchovají si ji déle v paměti. A jak již zmíněno, kvalitní použití ŠMS napomáhá právě tomuto typu učení. Výhodou se tedy zdá, že ŠMS nejenže zvyšuje množství informací, které se student naučí, ale rovněž prohloubí vědomosti. Linn a Songer (1991) poznamenávají, že studenti byli schopni tolerovat větší úroveň kognitivních požadavků. Tím myšleno, že žáci dosahovali větších kognitivních výkonů během toho, co prováděli experiment, jelikož sběr dat v reálném čase jim usnadnil proces měření, který by jinak byl pro ně náročný. Lze tedy říci, že hloubkové učení v přírodních vědách nutí studenty integrovat jejich nápady z několika perspektiv, což vede k většímu pochopení problematiky.

1.4 ANALÝZA VYBRANÝCH ŠKOLNÍCH MĚŘÍCÍCH SYSTÉMŮ

Tato kapitola bude pojednávat o třech vybraných měřících systémech. Konkrétně jsou to systémy ISES, PASCO a Vernier. Tyto měřící systémy byly vybrány, jelikož jsou obecně nejrozšířenější na trhu a setkáváme se s nimi nejčastěji v praxi (Šmejkal, 2019).

1.4.1 ISES

Tato podkapitola se zaměřuje na představení a seznámení se školním měřícím systémem ISES. Jedná se o systém, kterýžto má na asi nejdelší působení na českých školách. Je na našem trhu již od roku 1985. Od doby svého založení prošel vývojem a dnes disponuje více než 16 čidly, které lze připojit přes Bluetooth nebo přes USB. Lze využít i staršího způsobu zapojení přes zvláštní PCI kartu instalovanou do počítače. Počet čidel se zdá být ve srovnání s ostatními systémy (PASCO, Vernier) poněkud málo, ovšem ta nejdůležitější pro výuku jsou přítomna (měřič síly, elektrických veličin, vodivost, pH, ...).

Nevýhodou se může jevit, že systém nelze připojit přes Bluetooth k tabletům nebo chytrým telefonům. Vše je ovládáno totiž přes program ISESWIN pro lokální měření, případně softwarovou stavebnici ISES Remote Lab SDK pro vzdálená měření přes internet. Kde Remote Lab spočívá v tom, že přes internet pozorujeme experiment, jedná se o tzv. virtuální laboratoř. Ta umožňuje snadnou tvorbu vzdálených experimentů pozorovatelných a říditelných pomocí internetu. Lze experimenty poté ovládat pomocí PC, ale i tabletů a chytrých mobilních telefonů. Experimenty fungují na principu, že na jistém odkazu je daná úloha. Na stránce se zobrazí videonahrávání, které zachycuje experiment pomocí WEB kamery, graf měřených veličin a veličiny samotné. Veličiny se dají různě nastavovat a měnit (například v experimentu o elektromagnetické indukci lze měnit napětí a počet závitů na cílce). WEB kamera pak reaguje na změny veličin a dává žákům zážitek, jako kdyby sami u aparatury stáli a ovládali ji přímo v laboratoři, jelikož mohou pozorovat, jak změny veličin ovlivní stav experimentu.

Internetové školní experimentální studiu se zdá být vhodným nástrojem pro vzdělávání na dálku, přičemž přináší inovativní a interaktivní přístup k výuce fyziky. Úskalí může ale spočívat v omezeném přístupu k internetu anebo nedostatečnou interakcí s reálným laboratorním prostředím a praktické zručnosti.

1.4.2 PASCO

Pasco je tradičním měřícím systémem, který nabízí hardwarovou i softwarovou infrastrukturu pro provádění fyzikálních experimentů. Technika byla doplněna o soubor žákovských úloh a metodik.

Pasco nabízí výběr z více než 70 senzorů (siloměr, sady elektrických obvodů a mnoho dalších). Za podrobnější zmínku stojí např. Bezdrátový vozík Smart Cart. Tento vozík slouží pro studium dynamiky a kinematiky. Jsou v něm zabudovány integrované senzory měřící sílu, polohu, rychlost a zrychlení v šesti stupních volnosti. Všechna data lze potom přenášet bezdrátově skrze Bluetooth. Lze tento vozík využít s dynamickými drahami Pasco.

Právě vozík Smart Cart může být uveden jako příklad z kategorie kombinovaných čidel, tedy čidel, které jsou schopny měřit více veličin, a to i současně, v závislosti na sobě.

Součástí základních sad je software SPARKvue. Jeho specifikum spočívá v možnosti vytvoření interaktivního průvodce experimentem. Software je funkční na všech běžně dostupných zařízeních a operačních systémech. Tato čidla potom komunikují se zařízením bezdrátově (tablet, notebook, chytrý mobil).

Jednotlivé úlohy jsou zpracovány pomocí interaktivních prezentací v softwaru Pasco SPARKvue. Software dokáže nasbírat a vyhodnotit data ze senzorů. Každá úloha obsahuje vizualizaci dat (graf, tabulka, číslo, analogový měřák) a příběh, který slouží jako motivace k měření, jelikož zasazuje téma do reality běžného života. Součástí je také teorie, měření i analýza, záznam měření do elektronického deníku a testovací otázky pro ověření, zda žáci učivu porozuměli.

Metodická příručka sady Pasco poskytuje pak informace o všech úlohách a slouží jako průvodce učitele všemi experimenty. Rovněž je v ní poukázáno na některá úskalí, která mohou během měření nastat.

1.4.3 VERNIER

Vernier je dlouholetá firma, která vyrábí měřící systémy a pomůcky pro chemii, fyziku a biologii na základních, středních i vysokých školách. Vernier je známý svou uživatelsky přívětivou softwarovou platformou, která umožňuje vizualizovat a analyzovat data z experimentů. Můžeme se setkat zhruba se 70 různými senzory, ale na rozdíl od PASCO

nenabízí Vernier kombinovaná čidla. Měření pak ovládat pomocí softwaru Logger Pro (placená verze), či Logger Lite (verze zdarma, ovšem svými funkcemi je velmi dostačující).

Na oficiálních stránkách je k dispozici katalog s produkty, kde je ke každému produktu napsáno k čemu se produkt používá, jeho kompatibilita s ostatními zařízeními, a navíc je k dispozici i příklad experimentu, ke kterému lze produkt využít. Experiment je poté vysvětlen podrobně s přípravou, postupem i závěrem. Opět se zde setkáváme s širokou škálou experimentů, které zasahují do všech odvětví fyziky, přes kinematiku až k radioaktivitě.

1.5 SHRNUÍ

V této kapitole byl prozkoumán význam experimentu ve výuce. Byly rovněž objasněny pojmy jako ŠMS. Ze studií vyplývá, že se vyplatí používat probeware ve výuce. Má to za následek hlavně tzv. hloubkové učení, které nastává, je-li žák vystaven práci s probeware.

Problémem školních měřících systémů se může jevit jejich nedostatečné využívání z důvodu, že pedagog s nimi není plně obeznámen, nebo že není dostatečně počítačově gramotný. Měření pak působí víc komplikovaně, než je třeba, což je velmi demotivující jak pro žáky, tak pro pedagogy. Na tuto problematiku reagují didaktici stvořením například projektu COMBLAB. Tento projekt se zabývá právě tím, aby pedagogy obeznámil více s badatelstvím a využitím ŠMS. Samotný název COMBLAB je pak zkratkou pro Competencies for MBL Laboratory (Kompetence v MBL laboratoři). A jeho hlavním cílem je podpora pro zavádění a využívání ŠMS ve výuce přírodních věd.

V rámci kapitoly byly taktéž prozkoumány tři klíčové školní měřící systémy používané pro laboratorní práce z fyziky. Každý systém má své jedinečné výhody a omezení. ISES nabízí inovativní online přístup, byť repertoárem svých čidel zaostává za konkurencí. Rovněž stojí za zmínku, že v přítomné době systém ISES nelze propojit s chytrými zařízeními (tablet, phablet, chytrý mobil) a lze ho ovládat pouze skrze software v počítači. Což vyžaduje, aby učitel byl více počítačově gramotný, což může působit potíže při využívání systému. Zajímavostí ISES ale může být například virtuální laboratoř, kterou žádný jiný zde uvedený výrobce nevyužívá.

Pasco a Vernier poskytují osvědčené hardwarové a softwarové platformy pro provádění experimentů ve školních laboratořích. Oba disponují širokou škálou senzorů, a tedy lze s

nimi provádět rozmanité experimenty a měření. Pasco se může pyšnit i tzv. kombinovanými čidly, tedy čidly, které dokážou měřit současně víc veličin najednou (příkladem může být vozík Smart Cart měřící vzdálenost, zrychlení, ...).

Oba systémy se těší velké popularitě i díky jejich interaktivitě. Tedy lze jejich senzory propojit se zařízeními jako jsou tablet, mobil, apod. Softwary jsou přitom velmi přehledné a snadno se s nimi pracuje.

2 ANALÝZA LABORATORNÍCH PRACÍ NAVRŽENÝCH V MANUÁLECH K TĚMTO MĚŘÍCÍM SYSTÉMŮM Z HLEDISKA ÚROVNĚ BADATELSKÝCH AKTIVIT V NICH

2.1 BADATELSKY ORIENTOVANÁ VÝUKA

V dnešní dynamické a neustále se vyvíjející společnosti nabývá významu přístup ke vzdělávání, který by nejen předával faktické znalosti, ale také rozvíjel kritické myšlení, kreativitu a schopnost samostatného zkoumání. Badatelsky orientovaná výuka se stává důležitým prvkem moderního vzdělávání, který směřuje k aktivnímu a hlubokému porozumění zkoumaným tématům.

Badatelsky orientovaná výuka tedy klade důraz na zapojení studentů do aktivního procesu objevování, zkoumání a kritického analyzování informací. Tento přístup nejenže podporuje hlubší porozumění učiva, ale také rozvíjí klíčové dovednosti, jako je problémové a týmové myšlení (Bell, 2010), komunikace a samostatnost (Rahmi et al., 2019).

Jak již z názvu patrně, badatelsky orientovaná výuka staví žáka do role badatele. Tedy je to způsob vyučování, kde se nabývá znalostí během řešení daného problému. Toto řešení zahrnuje hypotézy, metody zkoumání jevu, získání výsledků a jejich zpracování, shrnutí, diskuzi a kooperaci s ostatními žáky (Petr, 2010). Rovněž se dá pokládat i za účinnou aktivizující metodu problémového vyučování, která vychází z konstruktivistického přístupu ke vzdělávání (Papáček, 2010). Dalo by se tedy říct, že učivo se nepředává frontálním výkladem, ale učitel pouze plní funkci jakéhosi průvodce při řešení problému. Badatelství jako takové tedy lze uplatnit ve výuce v mnoha podobách (domácí úlohy, laboratorní úlohy, vysvětlování jevů, ...).

2.1.1 ÚROVNĚ BADATELSTVÍ

Badatelsky orientované učení lze strukturovat podle hloubky bádání. Toto rozdělení vychází z práce Schwaba (1958) a Herrona (1971). Ti rozlišují bádání na 4 úrovně.

1. Potvrzující (úroveň 0)

V této úrovni žáci znají výzkumnou otázku, postup i očekávané výsledky. Mohou zde být zařazeny různé pokusy na ověření jevů

2. Strukturované (úroveň 1)

Tato úroveň disponuje výzkumnou otázkou a metodickým postupem, ovšem co má vyjít žákům není známo. Tedy z toho, co žáci znají vyvodí něco, co je pro ně dosud neznámé.

3. Nasměřované (úroveň 2)

Tato úroveň se vyznačuje tím, že žáci znají pouze otázku výzkumu, ale postup i výsledky známy nejsou. Jinak řečeno žákům je předložen problém, ale neznají, jak ho mají vyřešit a co mohou očekávat na konci řešení.

4. Výzkumné (úroveň 3)

V této oblasti žáci neznají výzkumnou otázku, ani postup, ani výsledky. Tato úroveň může simulovat například situaci vědce ve výzkumném ústavu, kterému je předložen materiál a je na něm, aby zjistil o nejméně o něm pomocí vybavení laboratoře. Jedná se o badatelství v největší míře.

Lze se setkat i s detailnějším členěním od Buckové et al. (2008). Ti dělí badatelství na 5 úrovní (0; 0,5; 1; 2;3). V tomto členění jsou pro posouzení badatelství přítomny navíc parametry teorie, technika analýzy dat a interpretace dat. Ovšem v rámci této práce postačí výše zmíněné dělení.

2.1.2 VÝZNAM BADATELSTVÍ

V dnešní době se nezdá být kladen tak důraz na memorování faktů, jako spíše na to, aby žáci uměli konstruktivně vyřešit problémy, před které je postavíme. Jedna z možných cest, po které se ve vyučování vydat je badatelství. Díky badatelství jsou žáci více aktivně zapojováni a rozšiřují si své kompetence k řešení problému (kreativita, kooperace, kritické myšlení). Badatelství také lze dělit do různých úrovní podle toho, jak moc jsou žáci vystaveni badatelskému uvažování. Můžeme říct, že díky badatelství jsou žáci více vystaveni problému a může tedy dojít k hlubšímu porozumění, než pokud jim látku sdělujeme frontálně. Podrobněji je problematika badatelství rozepsána například v práci Dostála (2015).

2.2 LABORATORNÍ PRÁCE S MĚŘÍCÍM SYSTÉMEM ISES

Úlohy jsou vybrány z oficiálních stránek ISES. Na těchto stránkách v sekci Laboratorní úlohy se nacházejí úlohy z odvětví elektřiny a magnetismu, mechaniky, záření a fyzikálních principů v automobilní technice. Každá úloha působí jako klasická laboratorní práce, tedy je zde zahrnuta otázka výzkumu, pomůcky, postup a zpracování výsledků.

2.2.1 OTÁČIVÝ POHYB VRTULE (NIŽŠÍ GYMNÁZIUM)

Tato laboratorní úloha je navržena pro žáky nižšího gymnázia.

Tento experiment se skládá ze dvou úkolů:

1. Určit dobu jedné otáčky (periodu) T vrtule pro napětí na motorku 2 V, 3 V, 4 V, ... 9 V.

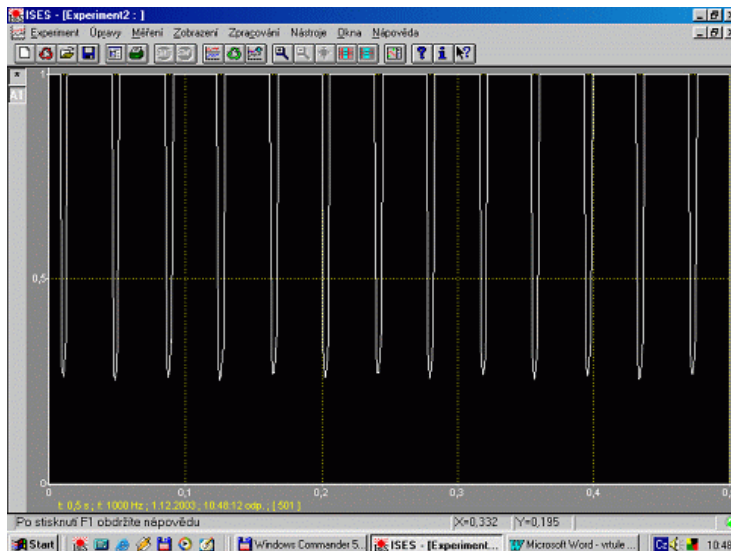
2. Nakreslit graf: Závislost doby otáčky T na napětí U . Proložit vhodnou křivkou.

Jako pomůcky jsou uvedeny: zdroj regulovatelného stejnosměrného napětí 0 až 12 V, motorek na 12 V s vrtulí, počítač, ISES, modul optická závora

Postup je takový, že připravíme optickou závoru a připravíme ostatní aparaturu. Jakmile měření začne, zvyšuje se postupně napětí, přičemž program ISES vykresluje graf podle toho, jak vrtule překrývá optickou závoru. Z píků lze poté odečíst periodu vrtule.

Začínáme měřit na 2 V, necháme běžet měření 0,5 s, opatrně vložíme vrtuli do optické závory a pak snížíme napětí, aby se vrtule zastavila. A takto opakujeme měření až do 9 V, přičemž postupujeme po jednom voltu.

Výrobce přikládá k měření graf průběhu měření:



Obrázek 1: Graf průběhu měření (převzato z oficiálních stránek ISES - <https://www.ises.info/old-site/index.php?s=ela&f=lu205>)

A orientační tabulku s naměřenými hodnotami a graf závislosti doby otáčky na napětí:

U/V	2	3	4	5	6	7	8	9
T/s	0,133	0,095	0,071	0,063	0,056	0,050	0,048	0,047

Obrázek 2: Tabulka s naměřenými hodnotami (převzato z <https://www.ises.info/old-site/index.php?s=ela&f=lu205>)



Obrázek 3: Závislost doby otáčky na napětí (převzato z <https://www.ises.info/old-site/index.php?s=ela&f=lu205>)

Závěrem ještě žáci zodpoví otázky:

1.) Jak se mění doba jedné otáčky při zvýšení napětí na motorku?

Odpověď: S rostoucím napětím se doba jedné otáčky zkracuje. Nejprve je pokles rychlý, později už není tak výrazný.

2.) Pokuste se určit jaká by byla doba jedné otáčky při napětí 7,5 V.

Odpověď: Z grafu lze odměřit, že při napětí 7,5 V je doba jedné otáčky přibližně 0,050 s.

3.) Pokuste se určit, jaké by muselo být napětí na motorku, aby doby jedné otočky byla 0,080 s.

Odpověď: Z grafu lze odměřit, že pro $T = 0,080$ s by muselo být na motorku napětí přibližně 3,6 V.

2.2.1.1 Posouzení úlohy z hlediska badatelství

Úloha působí jako úloha, která zahrnuje badatelství 1. úrovně. Jedná se tudíž o strukturovaný typ badatelsky orientované výuky. Tedy žákům je předložen experiment s manuálem, který krok po kroku opakuje a čísla, které vidí na obrazovce poté jen přepíše do tabulky. Ví tedy přesně, co mají dělat, nejsou jim ale známé výsledky. Na ty si musejí přijít sami. Jako kladné lze hodnotit i žakovu samostatnou práci při vypracování otázek v závěru, kdy musí žák vyvodit z naměřených hodnot jisté závěry, a tudíž nelze říct, že by badatelství v této úloze bylo zcela absenční.

Pokud by ale mělo jít ryze o badatelskou laboratorní úlohu, bylo by vhodné tento experiment se svou velmi nízkou mírou badatelství alternovat. Například vysvětlit žákům, jak funguje optická závora a z toho poté nechat žáky vyvodit postup měření.

2.2.2 VOLNÝ PÁD (NÍŽŠÍ GYMNÁZIUM)

Tento experiment se skládá ze tří úkolů:

1. Pozorujte volný pád hřebenu bez zátěže přes optickou závoru a rozhodněte, o jaký jde pohyb.
2. Změřte pětkrát dobu pádu hřebenu bez zátěže. Vypočtete průměrný čas a průměrnou rychlost.

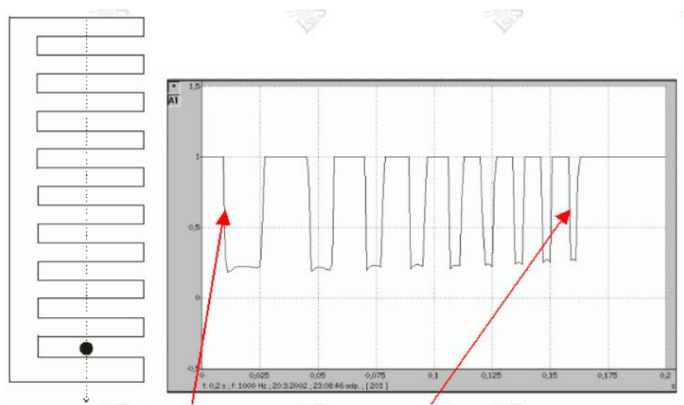
3. Změřte pětkrát dobu pádu hřebenu se zátěží. Vypočtete průměrný čas a průměrnou rychlost a porovnejte s pádem bez zátěže.

Jako pomůcky jsou uvedeny: hřeben, pravítko, zátěž, stojan, počítač, ISES, modul optická závora.

Úloha je doplněna o teorii volného pádu, která v sobě zahrnuje popis volného pádu a vzoreček pro volný pád.

Princip experimentu spočívá v tom, že hřeben, který vstoupí do optické závory, způsobí každým svým zubem její zatmění. Z monitoru pak změříme dobu od druhého do desátého zubu (předpokládá se, že náš hřeben má 10 zubů). Průměrnou rychlost hřebenu pak vypočteme jako podíl dráhy a času.

Průběh experimentu pak vypadá následovně: Hřeben se umístí do optické závory mezerou mezi prvním a druhým zubem a pustí se. Pád je zaznamenán na monitoru. Pokud se pokus podaří, je vidět 9 zubů. Ze zhušťování zubů lze usoudit druh pohybu (zrychlený).



Obrázek 4: Graf z měření na optické závoře (převzato z <https://www.ises.info/old-site/index.php?s=ela&f=lu203>)

Výrobce udává i jím naměřené výsledky při pokusu pádu s a bez zátěže:

Dráha od druhého do desátého zubu: $s = 0,18 \text{ m}$

	číslo měření	1	2	3	4	5	průměrný čas
bez zátěže	t_1 s	0,149	0,152	0,146	0,149	0,152	0,150
se zátěží	t_2 s	0,150	0,149	0,153	0,153	0,153	0,152

Obrázek 5: Naměřené výsledky (převzato z <https://www.ises.info/old-site/index.php?s=ela&f=lu203>)

Průměrná rychlost bez zátěže tedy byla 1,2 m/s a se zátěží 1,18 m/s. Byť teorie říká, že by měly být rychlosti rovny, drobné odchylky autor svádí na nestejně vypuštění hřebenu.

2.2.2.1 Posouzení úlohy z hlediska badatelství

Úloha se zdá být konstruována na úrovni badatelství 0, tedy ověřovací. Žáci ví, co mají měřit, jak to mají měřit a ví i přibližný výsledek měření. Tedy z hlediska badatelství je tato úloha na nízké úrovni. Jde o „kuchařkovitý“ postup podle manuálu, kde se zapisují výsledky do tabulky a následně se čísla dají do vzorečku, který dá očekávaný výsledek. Na rozdíl od minulé úlohy s vrtulí v této otázce nejsou přiloženy žádné doplňující otázky, které by přiměly žáky se více do hloubky zamyslet nad tematikou volného pádu.

2.2.3 **ŘAZENÍ REZISTORŮ**

Tento experiment se skládá ze tří úkolů:

Změřit odpor pěti rezistorů označených 50 k Ω , 20 k Ω , 20 k Ω , 10 k Ω , 5 k Ω .

Zapojit různé kombinace rezistorů a změřit výsledný odpor. Pro každé zapojení vypočítat výsledný odpor a ten porovnat s měřením

Vypočítat o kolik procent se liší hodnota vypočtená a hodnota změřená.

Jako pomůcky jsou uvedeny: systém ISES, modul ohmmetr, sada rezistorů, spojovací vodiče.

Úloha v sobě obsahuje teorii, která popisuje výpočet sériového a paralelního zapojení rezistorů.

Postup je takový, že nejdříve změříme hodnoty odporu daných pěti samostatných rezistorů a pak začneme vytvářet jejich kombinace. Kombinaci vždy zakreslíme, vypočteme teoretický výsledný odpor a pak jej změříme. Vypočítáme relativní odchylku odporů zaokrouhlenou na desetiny procenta (za 100 % považujeme teoretickou hodnotu). Je třeba zapojit a změřit předepsané kombinace a pak je možné podle vlastní fantazie přidat další.

Výrobce příkládá, jak by mohl vypadat protokolový list, který nám dává podrobnější představu o tom, jak by mohla laboratorní práce probíhat:

Tabulka č. 1: Odporů samostatných rezistorů

Zapsaný odpor	Naměřený odpor
50 kΩ	... kΩ
20 kΩ	... kΩ
20 kΩ	... kΩ
10 kΩ	... kΩ
5 kΩ	... kΩ

Obrázek 7: Odporů samostatných rezistorů (převzato z <https://www.ises.info/old-site/index.php?s=ela&f=lu03>)

Tabulka č. 2: Základní kombinace rezistorů

Číslo kombinace	Zapojení rezistorů	Odpor vypočtený	Odpor naměřený	Relativní odchylka
1		... kΩ	... kΩ	... %
2		... kΩ	... kΩ	... %
3		... kΩ	... kΩ	... %
4		... kΩ	... kΩ	... %
5		... kΩ	... kΩ	... %
6		... kΩ	... kΩ	... %
7		... kΩ	... kΩ	... %
8		... kΩ	... kΩ	... %

Obrázek 8: Základní kombinace rezistorů (převzato z <https://www.ises.info/old-site/index.php?s=ela&f=lu03>)

Tabulka č. 3: Složitější kombinace rezistorů

Číslo kombinace	Zapojení rezistorů	Lze překreslit	Odpor vypočtený	Odpor naměřený	Relativní odchylka
9			... kΩ	... kΩ	... %
10			... kΩ	... kΩ	... %
11			... kΩ	... kΩ	... %
12			Není nutné počítat	... kΩ	... %

Tabulka č. 4: Vlastní kombinace rezistorů (libovolný počet)

Číslo kombinace	Zapojení rezistorů	Odpor vypočtený	Odpor naměřený	Relativní odchylka
13		... kΩ	... kΩ	... %

Obrázek 6: Složitější a vlastní kombinace rezistorů (převzato z <https://www.ises.info/old-site/index.php?s=ela&f=lu03>)

Výrobce naměřené výsledky pak dávají hodnoty:

Tabulka č. 1: Odpor samostatných rezistorů

Zapsaný odpor	Naměřený odpor
50 kΩ	50,60 kΩ
20 kΩ	20,43 kΩ
20 kΩ	20,44 kΩ
10 kΩ	10,49 kΩ
5 kΩ	5,45 kΩ

Tabulka č. 2: Základní kombinace rezistorů

Číslo kombinace	Zapojení rezistorů	Odpor vypočtený	Odpor naměřený	Relativní odchylka
1		70,74 kΩ	71,03 kΩ	0,4 %
2		90,95 kΩ	91,47 kΩ	0,6 %
3		96,92 kΩ	97,50 kΩ	0,6 %
4		14,61 kΩ	14,55 kΩ	0,4 %
5		8,72 kΩ	8,50 kΩ	2,5 %
6		4,81 kΩ	4,70 kΩ	2,3 %
7		15,82 kΩ	15,87 kΩ	0,3 %
8		34,79 kΩ	34,99 kΩ	0,6 %

Tabulka č. 5: Složitější kombinace rezistorů

Číslo kombinace	Zapojení rezistorů	Lze překreslit	Odpor vypočtený	Odpor naměřený	Relativní odchylka
9			50,60 kΩ	50,60 kΩ	0,0 %
10			8,72 kΩ	8,50 kΩ	2,5 %
11			14,55 kΩ	14,69 kΩ	1,0 %
12			16,54	16,66 kΩ	0,7 %

Obrázek 9: Naměřené výsledky (převzato z <https://www.ises.info/old-site/index.php?s=ela&f=lu03>)

2.2.3.1 Posouzení úlohy z hlediska badatelství

Tato úloha působí jako úloha na úrovni badatelství 1. Opět žáci znají, co a jak mají měřit a postupují dle manuálu. Jistý prvek badatelství je zde 13. měření, kdy si žáci sami vymyslí, jak má dané zapojení vypadat a podle toho naměří hodnoty.

Z hlediska badatelství má tato úloha ale velký potenciál. Například by mohlo být zadáno, že výsledný odpor obvodu má být např. 15 k Ω a z toho by pak žáci museli přijít na to, jak dané zapojení vymyslet.

2.2.4 POSOUZENÍ DALŠÍCH ÚLOH

Zbytek vybraných úloh na stránkách ISES byl zaznamenán do tabulky, kdy se postupuje u zhodnocení stejným způsobem jako u úloh výše zmíněných. Posuzuje se tedy téma, úkol a stupeň badatelství. Na oficiálních webových stránkách se nachází úlohy z odvětví: elektřina a magnetismus, mechanika, záření, komplexní úlohy pro vyšší i nižší gymnázia, fyzikální principy v automobilní technice. Celkem je tedy analyzováno, jak již zmíněno, 20 úloh, kdy 3 jsou rozebrány podrobněji a je na nich ukázán postup analýzy z hlediska badatelství a následně v tabulce je kvantitativně rozebráno dalších 17 úloh.

Tabulka 2: Kvantitativní posouzení úloh z hlediska badatelství pro ISES

Téma	Úkol	Stupeň badatelství
Odpor kovového vodiče	Měřením proudu a napětí určit odpor drátu o délce 90 cm. Proměřit závislost odporu drátu na jeho délce a sestrojít graf. Pro každou délku určit měrný elektrický odpor, určit průměrnou hodnotu r , odchylku relativní odchylku Porovnáním s tabulkami rozhodnout, o jaký se jedná odporový materiál, vypočítat relativní odchylku od tabulkové hodnoty	1
Řazení kondenzátorů	Změřit kapacitu čtyř kondenzátorů označených 1 nF, 2 nF, 2 nF, 5 nF. Zapojit různé kombinace kondenzátorů a změřit výslednou kapacitu. Pro každé zapojení výslednou kapacitu vypočítat a tu porovnat s výslednou kapacitou naměřenou. Určit, o kolik procent se liší hodnota vypočtená a hodnota změřená.	0

Elektrický zdroj napětí	<p>Změřit zatěžovací charakteristiku monočlánu, určit elektromotorické napětí U_e, vnitřní odpor R_i a zkratový proud I_z.</p> <p>Sestrojit grafy: Zatěžovací charakteristika monočlánu, Závislost výkonu monočlánu (do vnějšího rezistoru) na proudu, Závislost účinnosti monočlánu na proudu.</p> <p>Změřit zatěžovací charakteristiku fotodiody do maximálního proudu 0,15 mA, určit elektromotorické napětí U_e, vnitřní odpor R_i, Sestrojit Zatěžovací charakteristiku fotodiody.</p> <p>Změřit zatěžovací charakteristiku fotodiody až do zkratového proudu. Sestrojit grafy Zatěžovací charakteristika fotodiody. Závislost výkonu fotodiody (do vnějšího rezistoru) na proudu, pokusit se vysvětlit naměřený průběh.</p> <p>Dopočítat potřebné hodnoty a sestrojit graf Závislost výkonu monočlánu (do vnějšího rezistoru) na proudu v celém možném rozsahu proudu (až po zkratový proud).</p>	1
Fotorezistor	<p>Vyzkoušet citlivost fotorezistoru na světlo. Určit jeho odpor při úplném osvětlení a při úplném zastínění.</p> <p>Určit závislost propustnosti barevných filtrů na jejich počtu. Sestrojit graf: Závislost vodivosti (propustnosti) na počtu filtrů a provést výpočet propustnosti pro 15 filtrů na sobě.</p> <p>Změřit frekvenci blikání zářivek a změny odporu. Změřit dobu krátkého zastínění fotorezistoru.</p>	0
Termistor	<p>Proměřit závislost odporu termistoru na teplotě v teplotním intervalu aspoň 60 °C a nakreslit graf: Závislost odporu termistoru na termodynamické teplotě.</p> <p>Určit parametry A, B termistoru a z nich vypočítat odpor termistoru při teplotách 0 °C a 150 °C. Dále vypočítat teplotu $t_{1,400}$ při odporu 1,400 kΩ.</p> <p>Provést měření teploty prostřednictvím termistoru a vypočtené kalibrační křivky.</p>	0

Elektrolytický vodič	Proměřit závislost odporu vody na vzdálenosti ponořených elektrod. Nakreslit graf: Závislost odporu vody na vzdálenosti elektrod. Proměřit voltampérovou charakteristiku elektrolytického vodiče – roztok kyseliny sírové ve vodě. Sestrojit graf: Voltampérová charakteristika elektrolytu, z grafu určit rozkladné napětí U_r . Pozorovat děje na elektrodách a polarizační napětí.	1
Kulička na nakloněné rovině (nižší gymnázium)	Zjistěte, jak závisí rychlost kuličky valící se po nakloněné rovině na dráze. Nakreslete do jednoho obrázku grafy Závislost rychlosti na dráze pro výšky $h = 0, 10 \text{ m}$ a $h = 0,05 \text{ m}$. Proložte vhodné křivky	1
Kulička na nakloněné rovině (vyšší gymnázium)	Proměřit, jak závisí rychlost kuličky valící se po nakloněné rovině na dráze. Provést pro výšky 10 cm až 4 cm. Určit zrychlení kuličky pro jednotlivé úhly nakloněné roviny. Pro výšky 10 cm, 8 cm a 6 cm sestrojit do jednoho obrázku grafy Závislost kuličky na dráze. Sestrojit graf: Závislost zrychlení na g	1
Volný pád (vyšší gymnázium)	Proměřit závislost dráhy padajícího hřebene na čase pro hřeben bez zátěže a pro hřeben se zátěží. Skupinovou metodou určit tíhové zrychlení pro hřeben padající bez zátěže a se zátěží. Sestrojit graf: Závislost dráhy nezátíženého hřebene na čase pro jeden volný pád. Určit g kvadratickou regresí.	0
Otáčivý pohyb vrtule (vyšší gymnázium)	Prozkoumat závislost mezi počtem „stojících“ listů vrtule (v pořadí 8, 6, 4, 2) a periodou T otáčení vrtule. Změřit světlo vydávané monitorem počítače pomocí fotorezistoru. Jak vysvětlit „stojící“ listy? Čím je dáno pořadí, v jakém se při zvyšování otáček stojící obrazy objevují?	2
Tažná síla vrtule	Odvodit vzorec pro tažnou sílu vrtule Proměřit závislosti tažné síly vrtule na frekvenci, frekvence na příkonu a síly na příkonu. Najít regresní funkce.	2

Záření černého tělesa	<p>Ze znalosti Planckova vyzařovacího zákona odvodit graficky pomocí regresní funkce Wienův posunovací zákon. Určit konstantu b.</p> <p>Ze znalosti Planckova vyzařovacího zákona odvodit graficky pomocí regresní funkce Stefan-Boltzmannův zákon. Určit Stefan-Boltzmannovu konstantu.</p>	1
Napětí indukované v cívce pohybem magnetu	<p>Změřit indukované napětí v cívce při různých otáčkách kola s magnetem.</p> <p>Měření provést pro různé počty závitů cívky.</p> <p>Změřit magnetickou indukci mezi magnetem a cívkou a vypočítat magnetický tok v cívce.</p> <p>Z průběhu magnetické indukce odečíst lineární části její maximální změnu a příslušný čas.</p>	1
Napětí indukované pohybem vodiče v magnetickém poli	<p>Změřit maximální indukované napětí ve vodiči při pohybu magnetickým polem.</p> <p>Měření opakovat pro pět různých rychlostí.</p> <p>Změřit magnetickou indukci v mezeře magnetického obvodu.</p> <p>Změřit šířku magnetického obvodu a tím délku aktivní části vodiče.</p> <p>Vypočítat maximální rychlost vodiče.</p> <p>Sestrojit graf závislost rychlosti vodiče na délce natažení závěsu.</p>	1
Napětí indukované ve školním generátoru	<p>Změřit magnetický indukční tok v rotoru generátoru</p> <p>Změřit indukované napětí v rotoru generátoru.</p> <p>Měření opakovat pro pět různých otáček rotoru.</p>	1
Napětí indukované změnou proudu v cívce	<p>Změřit indukované napětí v cívce při přerušení proudu pro různé hodnoty zatěžovacího rezistoru.</p> <p>Nalézt hodnotu odporu rezistoru, při které je indukované napětí v cívce při přerušení proudu stejně velké jako napájecí napětí</p> <p>Při stejné hodnotě zatěžovacího rezistoru změřit indukované napětí v cívce při přerušení proudu pro různé hodnoty napájecího napětí</p> <p>Při stejné hodnotě napájecího napětí měřit indukované napětí v cívce s nasunutým železným jádrem a porovnat s hodnotou bez jádra.</p>	1
Cívka jako generátor vysokého napětí	<p>Zapojit cívku s tranzistorovým spínačem tak, aby ji bylo možno využít jako zdroj vysokého napětí.</p> <p>Změřit průběh napětí na vývodech</p> <p>Na tranzistorový spínač připojit zapalovací cívku a opět změřit průběh napětí na vývodech. Činnost cívky zkontrolovat připojenou zapalovací svíčkou.</p>	1

2.3 LABORATORNÍ PRÁCE S MĚŘÍCÍM SYSTÉMEM PASCO

Experimenty zpracované v systému Pasco lze nalézt na mnoha odkazech, jelikož je měřicí systém více rozšířen. Podrobněji rozebrané úlohy pochází z učitelské příručky (dostupné z: <https://edugrant.cz/wp-content/uploads/2021/04/Vystup-Navody-na-pokusy-s-PASCO.pdf>).

Zbytek úloh, který je popsán v tabulce, byl vybrán z oficiálních stránek Pasco, kde je zahrnuta i příručka pro provádění experimentů. Na rozdíl například od ISES ale tato je doplněna i o otázky, které více prohloubí žákovo znalosti v dané tématice. Například jaká je příčina daného jevu atd.

2.3.1 MĚŘENÍ NAPĚTÍ CITRÓNOVÉ BATERIE

Pokus začíná, jak již je popsáno v seznámení s PASCO, motivačním příběhem, který má žáky uvést do problematiky.

Jako pomůcky jsou zde uvedeny: rozříznutý citrón pětikoruna (niklový povrch), desetikoruna (měděný povrch), vidlička (hliník), senzor PASCO Wireless Voltage, propojovací dráty ze sady Pasco se svorkami, počítač nebo mobil/tablet se softwarem SPARKVue a podporou Bluetooth připojení.

Pokus je doplněn i o teorii, která říká, že elektromotorické napětí galvanického článku vzniká z rozdílu potenciálů na elektrodách.

Dále je popsán postup, a to sice tak, že si vyrobíme galvanický článek z citrónu tak, že do citrónu zapíchneme např. pětikorunu a desetikorunu (lze poté alternovat např. se železným hřebíkem, hliníkovou vidličkou a ostatními předměty z různých kovů), připneme na ně svorky a měříme napětí. Dále se může stejným postupem měřit elektromotorické napětí v bramboře a cibuli.

V originálním návodu Pasco je kladen důraz na alternaci citrónu, bramboře a cibuli k měření napětí. Závěrem je tedy zhodnocení, pomocí jakého ovoce a zeleniny lze vyrobit nejlepší galvanický článek. Další otázkou je, co se stane, pokud vyměníme svorky na elektrodách.

V učitelské příručce Pasco (Černý, n.d.) je zase kladen důraz na alternaci elektrod (měď, hliník, nikl). Zpracování pak může vypadat takto:

	<i>Měď</i>	<i>Nikl</i>	<i>Hliník</i>
<i>Měď</i>	-	0,3 V	0,7 V
<i>Nikl</i>	0,3 V	-	0,6 V
<i>Hliník</i>	0,7 V	0,6 V	-

Obrázek 10: Závislost elektrod na napětí (převzato z <https://edugrant.cz/wp-content/uploads/2021/04/Vystup-Navody-na-pokusy-s-PASCO.pdf>)

Příručka také rozšiřuje experiment o sériové zapojení. A to sice tak, že sériovým zapojením citrónů lze zvýšit napětí obvodu, jelikož napětí jednotlivých článků se sčítají. To probíhá tak, že žáci v rámci skupinek propojí své citróny za sebe, přičemž první a poslední skupina povede drát do senzoru (autor poznamenává, že místo senzoru lze umístit LED diodu, která by se měla rozsvítit). Schematicky to pak může vypadat takto:



Obrázek 11: Možné zapojení citrónové baterie (převzato z <https://edugrant.cz/wp-content/uploads/2021/04/Vystup-Navody-na-pokusy-s-PASCO.pdf>)

2.3.1.1 Posouzení úlohy z hlediska badatelství

Úloha se jeví být také na úrovni 1. Žáci ví, co mají naměřit i jak to mají naměřit. Jedná se ale o velmi interaktivní laboratorní úlohu, kdy žáci mají k dispozici interaktivní prezentaci z programu SPARKVue. Tato interaktivní nadstavba tak může podpořit investovanost žáků do experimentu. Rozšíření z učitelské příručky o sériové zapojení poté může rozvíjet kooperační kompetenci žáků.

Úloha by šla jistě badatelsky prohloubit. Například pouze vysvětlit, jak funguje galvanický článek a vypustit podrobnější postup měření, nebo upravením motivačního příběhu (např. se žáci nachází mimo civilizaci a nutně si potřebují posvítit, jenže baterka je vybitá a potřebuje nabít a je na žácích vymyslet, jak baterku nabít pomocí jim přidělených předmětů). Lze by šlo i zde zapojit prvky interdisciplinarity a ukázat, že v citrónu je elektrolyt kyseliny citrónové, který díky své schopnosti přenášet náboj umožňuje citrónu fungovat jako galvanický článek.

2.3.2 DEFORMAČNÍ ZÓNA

Tento pokus se snaží o praktickou propojenost. Jde totiž o simulaci automobilové nehody s čelním nárazem do zdi. Je záměr, aby se plechy karoserie při střetu sešrotovaly, místo toho, aby pevně držely tvar. To sníží tvrdost nárazu (silový účinek) a silové působení se více “roztáhne” v čase.

Jako pomůcky jsou uvedeny: chytrý vozík Pasco Smart Car, rovná deska pro tvorbu nakloněné roviny, materiál pro podložení desky a tvorby tvrdé zdi (např. knihy), papír/noviny, počítač/mobil/tablet se softwarem SPARKVue a podporou Bluetooth připojení

Postup je pak takový, že sestrojíme nakloněnou rovinu na jejímž konci bude překážka (knihy), připojíme senzor a nastavíme ho na měření hybnosti a impulsu síly. Poté pošleme vozík z nakloněné roviny do překážky a pozorujeme, jak rychle při nárazu klesne rychlost a jaká bude síla nárazu. Po prvním měření dáme před překážku na konci nakloněné roviny zmuchlaný papír. Ten bude simulovat deformační zónu. Postup opakujeme a pozorujeme výsledky.

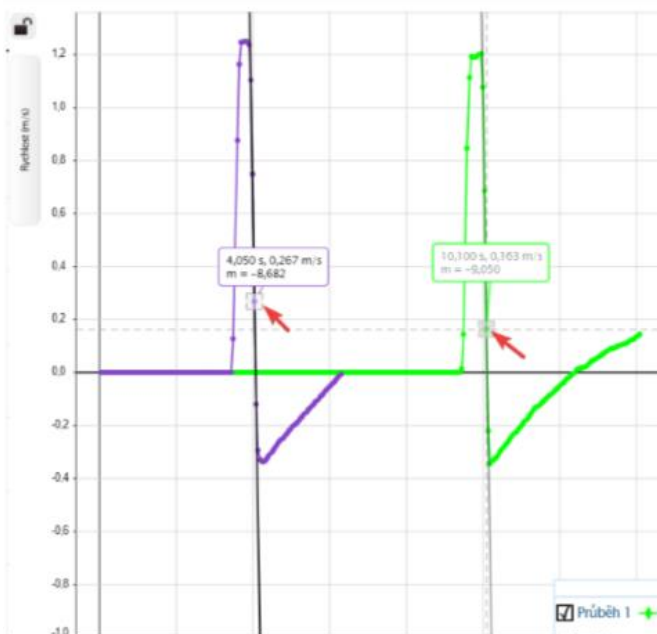
Autor přikládá jím naměřené hodnoty:



Obrázek 12: Graf znázorňující průběh síly (převzato z <https://edugrant.cz/wp-content/uploads/2021/04/Vystup-Navody-na-pokusy-s-PASCO.pdf>)

Z grafu je velmi dobře vidět, že u pokusu s modrým grafem byla využita deformační zóna (zmuchlaný papír) a tudíž síla nárazu není tak velká.

Graf vpravo pak představuje graf rychlosti. Protože není ale tak zřejmý jako graf síly, je možnost pomocí nástrojů v softwaru zjistit sklon grafu.



Obrázek 13: Přiblížení grafu znázorňujícího průběh rychlosti (převzato z <https://edugrant.cz/wp-content/uploads/2021/04/Vystup-Navody-na-pokusy-s-PASCO.pdf>)

Z toho můžeme vidět, že pravé měření (bez deformační zóny) má strmější sklon, a tudíž rychlejší zpomalení/zastavení vozítka.

Jsou také uvedeny využití v praxi a to sice, že pokud má vozidlo deformační zónu malou, je větší šance na zranění osob uvnitř.

2.3.2.1 Posouzení úlohy z hlediska badatelství

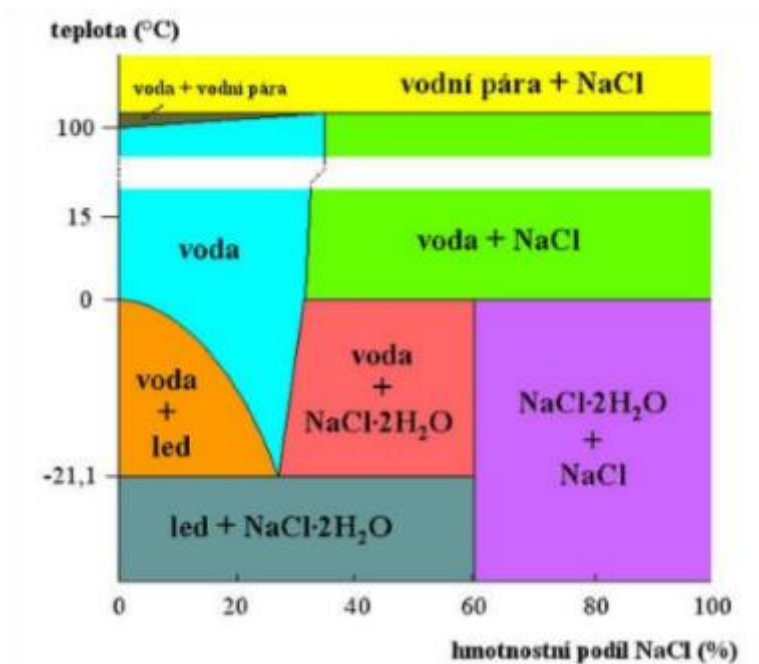
Při využití průměrným učitelem se dá očekávat první stupeň badatelství této úlohy. Samozřejmě ale může záviset na tom, jak tuto úlohu daný učitel pojme. Grafy, které vyjdou jsou ale velmi názorné a žák z nich velmi dobře pochopí princip deformační zóny a kladně lze hodnotit i propojení s praktickým životem, které jen umocní žákovo motivaci o problematiku. Je to úloha velmi jednoduchá na provedení, a tudíž se určitě prohloubit úroveň badatelství.

Například by pouze mohla být sestavena nakloněná rovina s překážkou na jejím konci a žákův úkol by bylo vymyslet, jak to udělat, aby byl náraz vozíku na konci roviny co nejmenší. Po změření by poté mohl žák sám vymyslet, kde se s tímto jevem setká v praktickém životě, co může být například deformační zónou u aut a k čemu slouží.

2.3.3 MĚŘENÍ TEPLoty TÁNÍ VODY A LEDU S PŘÍDAVKEM SOLI

Toto měření má za cíl ověřit, zda přidáním kuchyňské soli lze snížit teplotu tání směsi vody s ledem.

Je zde opět přiložena teorie: Za normálních podmínek teplota, kdy voda s ledem koexistuje, je 0 °C). Možné příměsi mohou tuto hodnotu ovlivňovat, např. přidáním soli se sníží v závislosti na množství přidané soli a počáteční teplotě směsi. Přidáním soli také začne led rychle tát a odebírá ze svého okolí skupenské teplo tání, což způsobí značné ochlazení. Z přiloženého grafu můžeme vidět, že nejnižší teplota směsi je až -21 °C, a to při podílu soli cca 25 %.



Obrázek 14: Vliv příměsí na teplotu tání/varu vody (převzato z <https://edugrant.cz/wp-content/uploads/2021/04/Vystup-Navody-na-pokusy-s-PASCO.pdf>)

Pomůcky jsou: voda, kuchyňská či jiná ve vodě rozpustná sůl, led (ideálně tříšť), kádinka, teploměr Pasco Wireless Temperature, počítač/mobil/tablet se softwarem SPARKVue a podporou Bluetooth připojení

Postupuje se tak, že zprovozníme senzor a zapneme měření. Do kádinky nalijeme vodu (pokojové či studené teploty) a vložíme kostky ledu. Až se teplota ustálí na 0 °C, začneme za stálého míchání přisypávat kuchyňskou sůl. Postupně dosáhneme teploty až několik stupňů pod nulou.

Zde opět autor příkládá praktickou provázanost, a to sice tak, že zmiňuje zimní solení namrzlých silnic a chodníků.

Dává i zajímavou otázku: Chceme, aby led na silnici roztával, jak nám tedy pomůže snížení jeho teploty? Odpovědí je, že přidáním soli primárně snižujeme teplotu tání/tuhnutí, vodu lze tudíž udržovat v kapalném skupenství i při teplotách hluboko pod 0 °C.

A navazuje otázka, zda přidáním soli snižujeme, či zvyšujeme teplotu tání.

2.3.3.1 Posouzení úlohy z hlediska badatelství

Tato úloha je opět úlohou na prvním stupni badatelství. Je známa otázka výzkumu i postup.

Úlohu lze zbadatelizovat tak, že bychom vlastně šli od závěru až k úvodní myšlence. Tedy proč vlastně solíme například silnici v zimě? Žáci by tak měli tříšit s vodou, přidávali sůl a pozorovali, co se děje (snižovala by se teplota). Navazovala by otázka, proč se začla teplota snižovat a zda je v kádince stále led, nebo už voda. Tím by žáci mohli dojít k závěru, že přidáváním soli se snižuje teplota tání/tuhnutí.

Dostupné z: <https://edugrant.cz/wp-content/uploads/2021/04/Vystup-Navody-na-pokusy-s-PASCO.pdf>

2.3.4 POSOUZENÍ DALŠÍCH ÚLOH

Tímto způsobem byly posouzeny i následující experimenty. Postup byl uplatněn stejný jako v předchozí kapitole. Tedy posouzení tématu, úlohy a stupně badatelství. Opět bylo posouzeno celkově 20 úloh s tím, že jsou do analýzy zařazeny úlohy z odvětví mechaniky, dynamiky, termodynamiky, elektřiny a magnetismu. Na oficiálních stránkách je k dispozici 26 návrhů na laboratorní práci na dané téma (např. Grafy pohybu), přičemž výrobce specifikuje a dále člení laboratorní témata (např. Grafy pohybu A, Grafy pohybu B). To má pak za následek posouzení všech parametrů, které lze posoudit u dané problematiky.

Pro analýzu byly vybrány úlohy z oblasti mechaniky, práce a energie, kmitání, elektřiny a optiky.

Tabulka 3: Kvantitativní posouzení úloh z hlediska badatelství pro Pasco

Téma	Úloha	Stupeň badatelství
Grafy pohybu (varianta A)	Testování Smart Cart ke generaci grafu jeho pohybu Graf závislosti polohy na čase Testování Smart Cart ke generaci grafů se silou	2
Grafy pohybu (varianta B)	Předpovědět polohu objektu díky grafům vyjadřující závislost rychlosti a polohy na čase	1
Zrychlení na nakloněné rovině	Objasnit pojem zrychlení a jak se vztahuje k rychlosti	2
Newtonův druhý pohybový zákon	Objasnit, jak je zrychlení tělesa ovlivňuje sílu na těleso působící	1

Hookův zákon	Určit, jak jsou na sobě závislé síla a změna polohy, když se natahuje pružina	1
Statické a dynamické smykové tření	Určit na čem závisí třecí síla	1
Pohyb projektilu	Určit jaký úhel je třeba pro maximální dolet projektilu Použít při výpočtu pohybové rovnice	1
Práce a energie	Jak práce vykonaná v systému ovlivňuje jeho změně v energii? Jak se vypočte účinnost?	1
Práce vykonaná třením	Objasnit rozdíly mezi valivým a smykovým třením	1
Oscilátory	Objasnit pohyb, který se cyklicky opakuje	1
Vlnění	Co je to vlna a jaké jsou její vlastnosti?	1
Sériové a paralelní zapojení rezistorů	Porovnat sériové a paralelní zapojení rezistorů	1
Elektrický výkon	Jak je výkon spojován s energií? Co určuje výkon spotřebiče?	1
Zvětšení zrcadel a čoček	Jaké obrazce mohou být vytvořeny pomocí čoček a zrcadel?	1
Lom světla	Jak se světlo láme na rozhraní? Jaký je index lomu světla vody?	1
Vybudování mikroskopu a teleskopu	Jak fungují mikroskopy a teleskopy?	1
Tvoření reálných a virtuálních obrazů pomocí čoček	Jaký je rozdíl mezi reálným a virtuálním obrazem? Jak lze vytvořit reálný a virtuální obraz pomocí vypouklé čočky	1

2.4 LABORATORNÍ PRÁCE S MĚŘÍCÍM SYSTÉMEM VERNIER

Laboratorní úlohy se převážně opírají o problematiku, kterou lze můžeme uplatnit v běžném životě (viz. Blikání žárovky, komínový efekt, ...). Tedy jejich přínosem může být to,

že žáci prozkoumají podrobněji, jak fungují věci okolo nich, se kterými se dennodenně stýkají.

2.4.1 CO UNESE LIDSKÝ VLAS

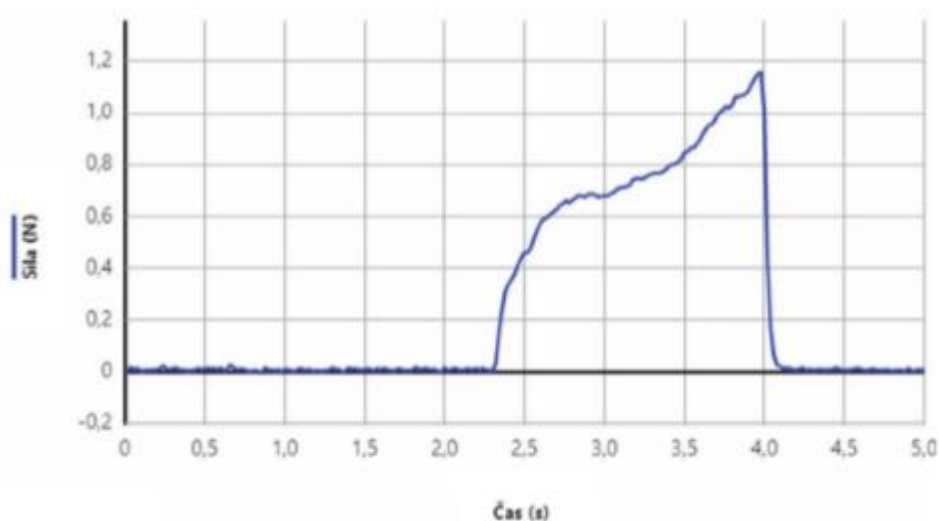
Jako pomůcky jsou uvedeny: siloměr Vernier GDX-FOR, izolepa, nůžky, špejle, několik dlouhých odstřižených vlasů

Je zde přiložen, podobně jako u PASCO, motivační příběh. Konkrétně se jedná o příběh, kdy se v mnoha bájích a pohádkách vyskytuje dívka ve vysoké věži, ze které spustí své vlasy dolů a její zachránce se k ní dostane tak, že vyšplhá po jejích dlouhých vlasech. Úkol tedy zní, jestli je vůbec možné, aby vlasy unesly celého člověka a kolik toho unese jeden lidský vlas.

Dokument obsahuje i možnou přípravu měření – tedy uchycení vlasu. Je to provedeno pomocí toho, že se přiváže na háček siloměru vlas, ovšem pomocí izolepy se ještě zafixuje (aby se předešlo přetržení vlasu v místě uzlíku).

Postup je pak lehký. Zprovozní se siloměr, položí se na desku stolu a postupným napínáním vlasu se zvyšuje síla, dokud se vlas nepřetrhne. Měření by mělo trvat 5 sekund.

Autor přikládá i graf z jím naměřených hodnot:



Obrázek 15: Graf závislosti síly na čase (převzato z <https://www.vernier.cz/experimenty/kucharka/index.php>)

Je tedy vidět, že mez pevnosti vlasu byla necelých 1,2 N. A protože mají lidé na hlavě přibližně 100 000 vlasů, je velmi hrubým odhadem, že by vlasy dokázaly unést i několikátunové závaží.

V poznámkách je pak přiloženo, že například podobným měřením by mohlo být, jakou silou drží vlas na hlavě, tedy měření síly potřebné k vytržení vlasu z folikulu (je uvedeno, že by stačilo překonat sílu 0,5 N, tedy méně než polovinu meze pevnosti odstřiženého vlasu). Také je zde přidána práce s chybou měření – tedy že je nutné obměňovat vlasy při opakování měření, protože jednou napínaný vlas může být již poškozen. A také, že na pevnosti vlasu může mít vliv mnoho faktorů (kudrnatost, pohlaví, délka, barva, stáří, způsob ošetřování, ...).

2.4.1.1 Posouzení úlohy z hlediska badatelství

Jedná se o úlohu vcelku snadnou na provedení. Badatelsky je opět na úrovni 1, tedy je známá otázka výzkumu i postup.

Možná alterace, jak prohloubit stupeň badatelství by byl například, kdybychom žákům pouze dali vlas a na nich by bylo změřit všechny jeho vlastnosti. To by mělo za následek výzkumnou badatelskou úlohu, tedy na úrovni 3.

2.4.2 REAKČNÍ DOBA NA SLUCHOVÝ PODNĚT

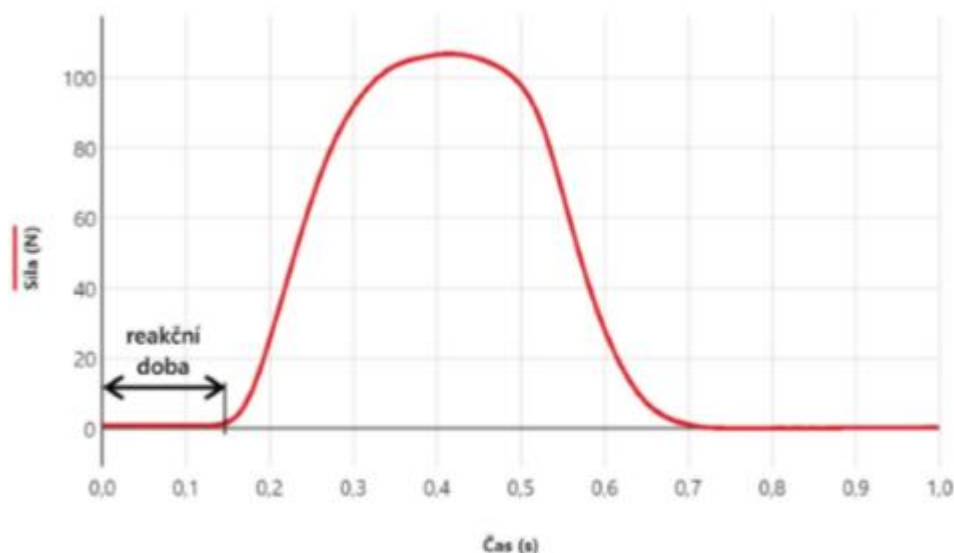
Jako pomůcky jsou uvedeny: hlukoměr Vernier GDX-SND, čidlo síly stisku ruky Vernier GDX-HD, píšťalka

Úloha v sobě opět zahrnuje teorii. Ta říká, že reakční doba člověka závisí na typu podnětu, který musí lidské smysly vyhodnotit. Reakční doba na sluchové a hmatové podněty je zhruba srovnatelná, na zrakové podněty reaguje naše tělo nejpomaleji. Konkrétní hodnoty závisí na věku a jsou individuální, u žáků se typicky pohybují v rozmezí 0,15-0,30 sekundy. Úkol je tedy, aby měřená osoba stiskla čidlo síly stisku ruky v okamžiku zaslechnutí zvuku píšťalky.

Provedení je takové, že se dobrovolníkovi do jedné ruky vloží čidlo stisku ruky a do druhé hlukoměr, ten si bude držet vedle ucha. Stiskne se tlačítko ZAHÁJIT MĚŘENÍ, ovšem měření nezačne, protože program čeká, až měřený akustický tlak překročí předem nastavenou

zvolenou hodnotu. Pokračuje se tak, že se druhý žák postaví za dobrovolníka a následně hvízdne na píšťalku, čímž spustí měření síly, které se po 1 sekundě samo ukončí.

Opět je zde přiložena i ukázka naměřených dat:



Obrázek 16: Graf závislosti síly na čase (převzato z <https://www.vernier.cz/experimenty/kucharka/index.php>)

Graf tedy ukazuje závislost síly na čase. V čase 0 byl zaznamenán hvízd píšťalky (a tudíž se spustilo měření) a v čase 0,15 sekundy začínají růst hodnoty síly a tedy je 0,15 sekundy reakční doba na sluchový podnět.

V poznámkách je pak psáno, že držení hlukoměru u ucha zajišťuje, že je vzdálenost od zdroje zvuku k čidlu i k uchu srovnatelná. Hranice hladiny akustického tlaku, při kterém se spustí měření, je orientační, je třeba ji přizpůsobit podmínkám tak, aby nebyl zadaný akustický tlak samovolně překročen bez přítomnosti hvizdu.

2.4.2.1 Posouzení úlohy z hlediska badatelství

Opět se jedná o úlohu na prvním stupni badatelství. Žákům je známá otázka výzkumu i postup. Úloha je snadná na provedení, a tudíž lze i podrobit většímu badatelství.

Bylo by možné žáky obeznámit pouze s otázkou výzkumu, ale na postup by si přišli sami, jednalo by se tedy o úlohu na druhém stupni badatelství. Tedy otázka by byla, jak změřit reakční dobu pro sluch a žáci by pomocí vybavení laboratoře už na postup přišli sami.

2.4.3 PRINCIP AIRBAGU

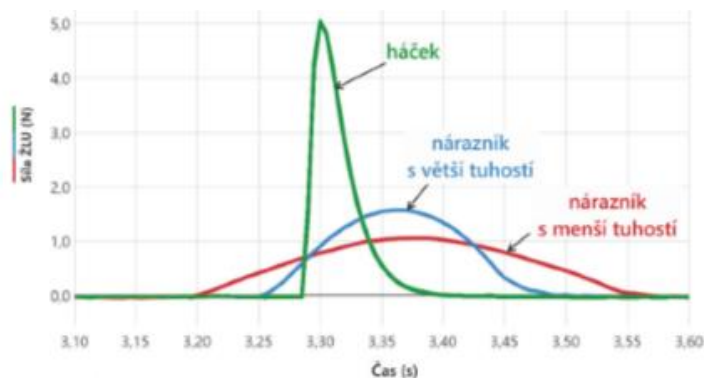
Jako pomůcky jsou uvedeny: vozík se zabudovanými čidly Vernier GDX-CART, dráha Vernier TRACK, zarážka na okraj dráhy, dva pružné kruhové nárazníky (obruče) s různou tuhostí, háček. Toto vybavení je součástí soupravy DTS-GDX

Teorie říká, že při náhlém zastavení tělesa, například po nárazu do překážky, dochází k prudkému poklesu hybnosti až na nulovou hodnotu (zastavení). Pokud by byla působila po dobu Δt konstantní brzdící síla F , vedlo by to ke změně hybnosti $\Delta p = F \Delta t$. Z čehož vyplývá, že chceme-li při prudkém zpomalení minimalizovat působící síly, musíme zajistit, aby brzdění bylo rozloženo do co nejdelší doby. Ve skutečnosti brzdící síly po celou dobu nárazu konstantní nejsou, jak je vidět i v tomto experimentu, ale to na principu nic nemění. Roli prostředku pro rozkládání síly do delšího času je například airbag v automobilu nebo u horolezců dynamická lana.

Je opět nutno připravit všechna zařízení a dráhu Vernier TRACK na jednom konci podložit, čímž vytvoříme nakloněnou rovinu. Na druhém konci poté umístíme zarážku, o kterou se vozík zastaví.

Samotné provedení spočívá v tom, že k vozíku přišroubujeme jeden z nárazníků. Vozík podržíme na dráze asi 30 cm od zarážky. Zahájíme měření, spustí se záznam dat a po cca 2 sekundách necháme vozík sjet po dráze dolů. Po odrazu od zarážky vozík zachytíme a vyčkáme do konce měření. Tento postup opakujeme s různými typy nárazníků (obručemi) a samotným háčkem.

Ukázka naměřených dat pak může vypadat takto:



Obrázek 17: Graf závislosti síly na čase (převzato z <https://www.vernier.cz/experimenty/kucharka/index.php>)

A tedy je vidět, že během nárazů, které jsou více rozloženy v čase, dosahuje síla menších maximálních hodnot (5 N u háčku, 1 N pro nárazník s menší tuhostí, tedy ten pružnější).

V poznámkách je uvedeno, že je vhodné pracovat ve dvojici – jedna osoba obsluhuje pomůcky, druhá aplikaci. Nárazníky lze použít i při větším sklonu dráhy. Při měření s háčkem, kdy působí větší síly, ale je nutno dodržet doporučený sklon dráhy i výšku, ze které vozík vypouštíme, aby náraz nebyl příliš prudký.

2.4.3.1 Posouzení úlohy z hlediska badatelství

Úloha je obdobou výše zmiňované úlohy v systému PASCO. Tedy princip rozložení síly do většího časového intervalu. Obměnou jsou kruhové nárazníky s různou tuhostí, zatímco úloha v PASCO používá zmuchlaný papír. Výhodou této úlohy může být, že kruhové nárazníky mají různou tuhost, a tedy je z nich lépe patrné, že čím víc je materiál pružnější, tím lépe bude tlumit působení síly.

Samotná úloha je pak úlohou opět na prvním stupni badatelství.

Alternace by mohla vypadat jako již bylo zmíněno v úloze Deformační zóna.

2.4.4 POSOUZENÍ DALŠÍCH ÚLOH

Opět byl uplatněn stejný postup při posuzování ostatních úloh. Úlohy byly posuzovány z protokolů na oficiálních stránkách Vernier (dostupné z: <https://www.vernier.cz/experimenty/kucharka/index.php>). Celkem výrobce nabízí více než 100 laboratorních úloh. Tyto úlohy v sobě obsahují téma z různých přírodních věd (konkrétně biologie, fyziky a chemie). Jednotlivé úlohy jsou pak označeny speciálním symbolem, aby se rozlišilo, pro jaké odvětví přírodní vědy jsou určeny. Můžeme se tedy setkat s úlohami pouze pro fyziku, chemii, biologii, nebo pro úlohy, které využívají interdisciplinaritu předmětů a mohou být uplatněny ve více odvětvích.

Pokud se budeme zabývat pouze fyzikou, můžeme setkat v rámci těchto laboratorních prací s odvětvími mechaniky, energie, termiky, optiky apod.

Pro analýzu byly vybrány úlohy z mechaniky, optiky a elektromagnetismu.

Tabulka 4: Kvantitativní posouzení úloh z hlediska badatelství pro Vernier

Téma	Úloha	Stupeň badatelství
Blikání žárovky (co lidské oko nevidí, ale počítač ano)	Porovnejte závislost intenzity osvětlení na čase u žárovky napájené střídavým proudem a u žárovky napájené stejnosměrným proudem	0
Dělič napětí vyrobený pomocí papíru a měkké tuhy	Vytvořte reostat pomocí papíru a grafitové čáry, poté proměřte napětí	1
Dráha, rychlost a zrychlení v grafech	Určete vztahy mezi dráhou, rychlostí a zrychlením pomocí grafů	1
Druhý Newtonův zákon	Určete vztah mezi silou působící na vozík a zrychlením vozíku	0
Dýchací cesty jako výměník tepla	Porovnejte teploty vydechaného vzduchu ústy a nosem	0
Elektrická aktivita svalů	Určete vztah mezi kontrakcí a elektrickou aktivitou svalu	0
Elektrická vodivost kapalin	Proměřte vodivost u různých kapalin	0
Elektromagnetická indukce	Jak závisí pohyb magnetu s indukovaným elektrickým polem?	1
Chladicí směs	Jaký je rozdíl teploty tání u vody a u směsi vody a soli (NaCl)	0
Jak funguje výškoměr	Určete, jak závisí změna tlaku u výškoměru na jeho odhadu nadmořské výšky	1
Periodický děj – kmitání závaží na pružině	Popište kmitavý pohyb pomocí grafů závislosti polohy na čase a rychlosti na čase	1
Komínový efekt	Objasněte komínový efekt	0
Magnetické pole kolem kabelů	Určete síťovou frekvenci	1
Nabíjení třením (triboelektrická řada)	Vysvětlete, jak se může materiál nabít kladně i záporně v závislosti na tom, s	0

	jakým materiálem přijde do kontaktu	
Noční režim displejů	Porovnejte vyzařování světla displeje v běžném a nočním režimu. Jaké vlnové délky jsou nejméně potlačeny?	0
Opalovací krém a ochrana proti UV záření	Jaký má vliv opalovací krém na záření UVA a UVB?	1
Rozdíl mezi vysokým a hlubokým zvukem	Zachyťte pomocí mikrofonu stejnou hlásku (např. „á“) pronesenou jednou vysokým a podruhé hlubokým hlasem. Porovnejte grafy.	1

2.5 SHRNUTÍ

Co se badatelství týče, ve všech úlohách se vyskytuje badatelství primárně na prvním stupni. Lze tyto úlohy ale alterovat (hlavně tedy u systému PASCO a Vernier), aby dosáhly hlubšího stupně badatelství. Vzhledem k jejich jednoduché proveditelnosti se nezdá, že by mělo další „badatelizování“ úloh působit problém při organizaci, nebo při práci samotné.

3 REALIZACE DOTAZNÍKOVÉHO VÝZKUMNÉHO ŠETŘENÍ MEZI UČITELI STŘEDNÍCH ŠKOL, KTERÉ BUDE ZAMĚŘENO NA JEJICH ZNALOSTI, POSTOJE A MÍRU VYUŽÍVÁNÍ ŠKOLNÍCH MĚŘÍCÍCH SYSTÉMŮ S AKCENTEM NA BADATELSKY ORIENTOVANÉ AKTIVITY

V této kapitole bude pomocí kvantitativního výzkumu formou dotazníku zjištěno, jak učitelé fyziky na gymnáziích přistupují k badatelství a používání měřících systémů. Výzkumné otázky byly formulovány následovně:

- Jak jsou učitelé informováni o možnostech badatelsky orientované výuky a jak je využívají ve své praxi?
- Jak učitelé využívají školní měřící systémy a jak vnímají jejich přínos?
- Pociťují učitelé nedostatek vhodných námětů na badatelsky zaměřené úlohy s využitím školních měřících systémů?

Na jejich základě byl sestaven dotazník o 12 uzavřených otázkách s dobrovolnou otevřenou otázkou na konci. Při konkrétní formulaci otázek jsme se inspirovali dvěma vědeckými články popsány v následující podkapitole.

3.1 LITERATURA ZABÝVAJÍCÍ SE VÝZKUMY NA TOTO TÉMA

Studie byly nalezeny pomocí zadání klíčových slov do databáze Google Scholar (tedy questionnaire, dataloggers, inquiry).

3.1.1 DATALOGGERS AND INQUIRY SCIENCE (TAN ET. AL, 2005)

Tento článek se zabývá vytvořeným online dotazníkem na téma dataloggers (probeware), badatelství a projektová práce na druhém stupni ZŠ a středních školách. Seznamuje s aktivitami, které učitelé provádějí pomocí probeware, podpůrnou strukturu a případné obtíže. Celkem byly zaznamenány odpovědi od 593 pedagogů (učitelů, vedoucích kateder).

Otazník se zaměřil na:

- 1.) Učitelskou zkušenost (tedy jak dlouho učí).
- 2.) Pokud používají probeware v jejich hodinách.
- 3.) Při jakých tématech použili probeware.

- 4.) Při jakých činnostech použili probeware.
- 5.) Jaká je role učitele v aktivitách používajících probeware.
- 6.) Jaká je role žáka v aktivitách používajících probeware.
- 7.) Jak byly žáci připraveni k používání probeware.
- 8.) Jak byly žáci schopni interpretovat data.
- 9.) Pokud byly zahrnuty badatelské aktivity, popřípadě jak.
- 10.) Podpůrná struktura probeware.
- 11.) Obtíže při používání probeware.

Respondenti uvedli ve většině (67 %), že použili probeware v posledních 2 letech, a to hlavně v rámci demonstrací a pokusů. Jako tři nejdůležitější podpůrné struktury uvedli: podpůrný laboratorní technik schopný používat probeware, výcvik v používání probeware a instrukční materiál o tom, jak používat probeware v rámci kurikula. Jako hlavní problémy byly uvedeny časová náročnost přípravy a provedení experimentu, nevhodné počítačové stanoviště a špatného zacházení s probeware studenty. Co se týče dalších návrhů pro zlepšení používání probeware, tak bylo navrženo: zabudovávání používání probeware ve škole, existence kurzů na probeware pro učitelé a laboratorní techniky a příprava kurikulárních materiálů na probeware.

3.1.2 IMPACT OF DATALOGGERS ON SCIENCE AND TEACHING (LE BONIEC, GRAS-VELÁZQUEZ, JOYCE, 2011)

Tato studie se zaměřila na dopad dataloggerů na výuku přírodních věd a učení v evropských školách. Cílem bylo řešit pokles studentů volících přírodovědné studium a nezájem o přírodovědné předměty na školách a univerzitách, tedy zhodnotit vliv dataloggerů na zájem, motivaci a schopnost studentů učit se vědy. Zkoumal také dopad na učitele s ohledem na faktory, jako je věk, pohlaví a vzdělání. Studie se zúčastnilo devět pilotních škol ze šesti evropských zemí. Pedagogický přístup byl založen na individuálním počítání ve vzdělávání v praktických činnostech. Článek zahrnoval účast škol z různých zemí a zahrnovala pre- a post-pilotní dotazník vyplněný učiteli i studenty. Ve třídách probíhaly různé experimenty a aktivity s využitím dataloggerů se zaměřením na podněcení zájmu a

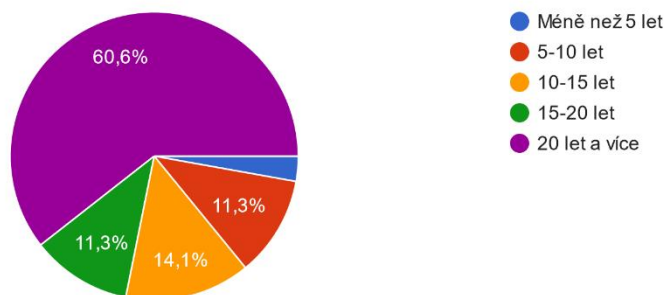
kritického myšlení o přírodovědné vzdělávání. Studie zjistila, že používání dataloggerů zvýšilo porozumění studentům ICT, usnadnilo autonomní učení a zlepšilo jejich porozumění a propojení s každodenním životem.

3.2 VÝSLEDKY DOTAZNÍKOVÉHO ŠETŘENÍ

Otázky byly v souladu s výše uvedeným navrženy tak, aby co nejvíce reflektovaly postoj učitelů na míru badatelství a školních měřících systémů (popř. kombinací obou) ve svých vyučovaných hodinách. Bylo zjišťováno též to, jak dlouho pedagog fyziku vyučuje a následně byla na konci dobrovolná otázka, která se ptá na vlastní názor na badatelství a školní měřící systémy, kde se mohli kantoři rozepsat a více vystihnout svůj pohled na tuto problematiku. Respondenti byli osloveni skrze jejich školní mail, který je uveden na stránkách školy. Dotazník byl zaměřen na gymnaziální pedagogy fyziky. Celkem byly zaznamenány odpovědi 71 respondentů. Data byla zpracována metodami popisné statistiky plus byla realizována obsahová analýza slovních komentářů uvedených učiteli.

Otázka 1: Fyziku učím:

Fyziku učím:
71 odpovědí

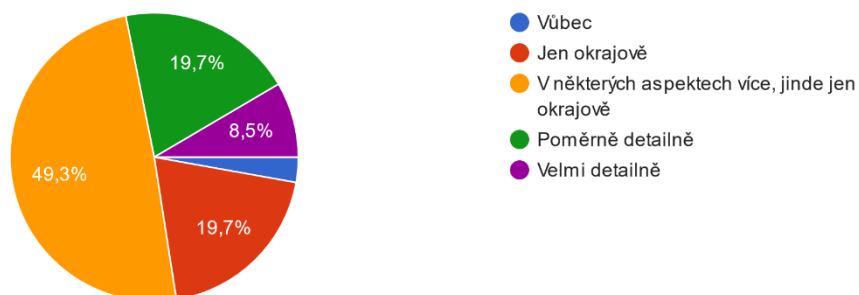


Obrázek 18: 1. otázka dotazníku

Otázka 2: Do jaké míry jste měl/a možnost se seznámit s možnostmi badatelsky orientované výuky fyziky?

Do jaké míry jste měl/a možnost se seznámit s možnostmi badatelsky orientované výuky fyziky?

71 odpovědí

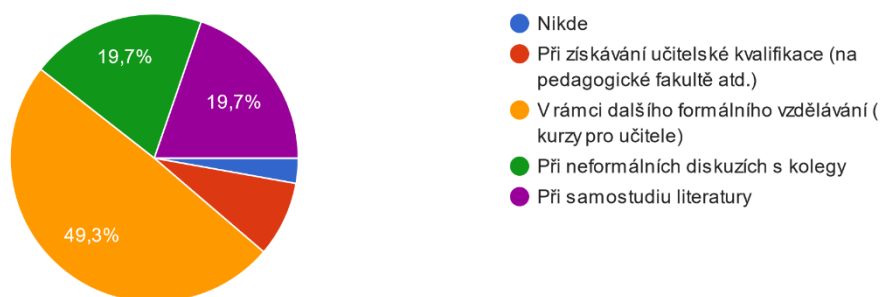


Obrázek 19: 2. otázka dotazníku

Otázka 3: Kde především jste získal/a informace o využití badatelského přístupu při výuce fyziky?

Kde především jste získal/a informace o využití badatelského přístupu při výuce fyziky?

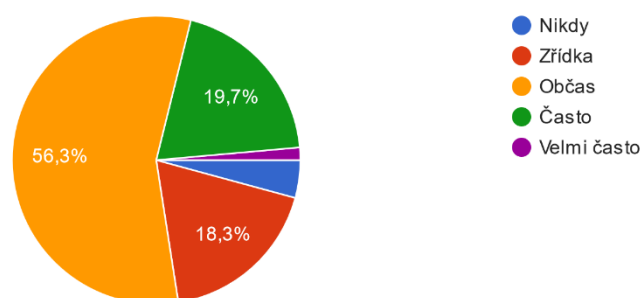
71 odpovědí



Obrázek 20: 3. otázka dotazníku

Otázka 4: Badatelsky orientované aktivity používám při výuce

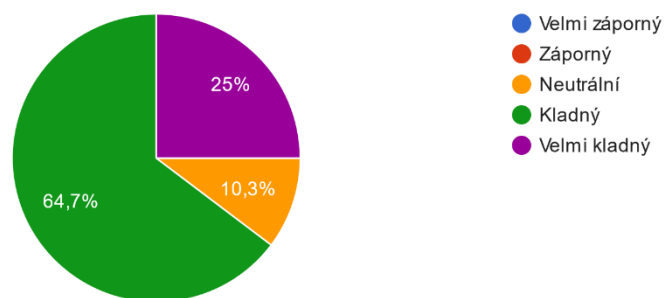
Badatelsky orientované aktivity používám při výuce
71 odpovědí



Obrázek 21: 4. otázka dotazníku

Otázka 5: Jaký je Váš pohled na implementaci badatelství ve výuce (teorie, experimenty, laboratorní úlohy)

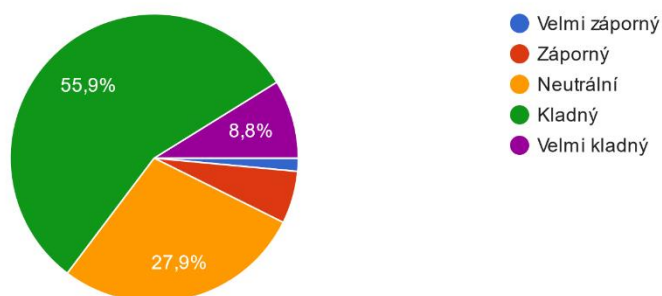
Jaký je Váš pohled na implementaci badatelství ve výuce (teorie, experimenty, laboratorní úlohy)
68 odpovědí



Obrázek 22: 5. otázka dotazníku

Otázka 6: Přístup žáků k badatelství

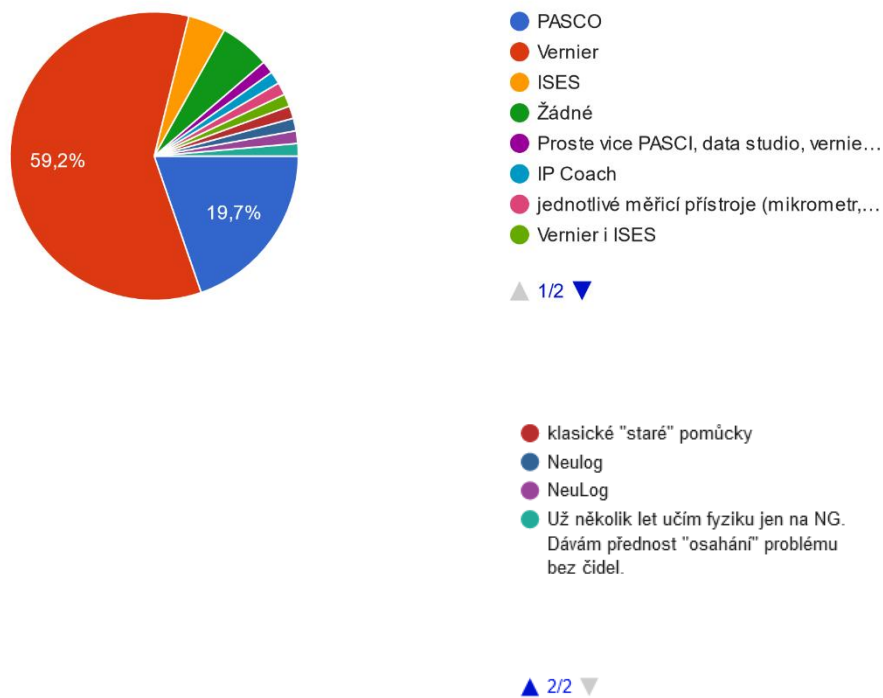
Přístup žáků k badatelství
68 odpovědí



Obrázek 23: 6. otázka dotazníku

Otázka 7: Při výuce (experimenty, laboratorní úlohy, ...) využívám měřicí systém

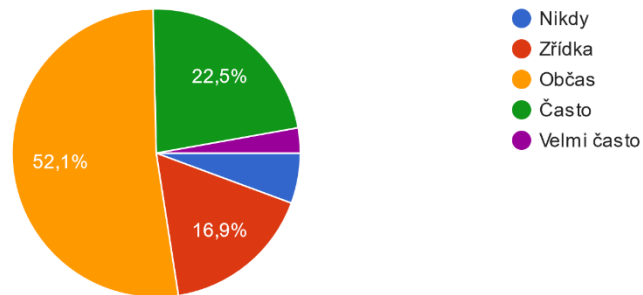
Při výuce (experimenty, laboratorní úlohy,...) využívám měřicí systém
71 odpovědí



Obrázek 24: 7. otázka dotazníku

Otázka 8: Výše označený měřicí systém používám při výuce

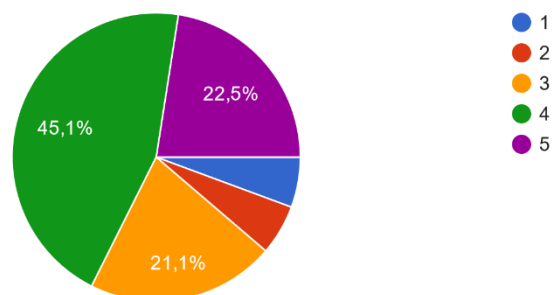
Výše označený měřicí systém používám ve výuce
71 odpovědí



Obrázek 25: 8. otázka dotazníku

Otázka 9: Jak jste spokojen/á s užívaným měřícím systémem (1 nejméně, 5 nejvíce)

Jak jste spokojen/á s užívaným měřícím systémem (1 nejméně, 5 nejvíce)
71 odpovědí

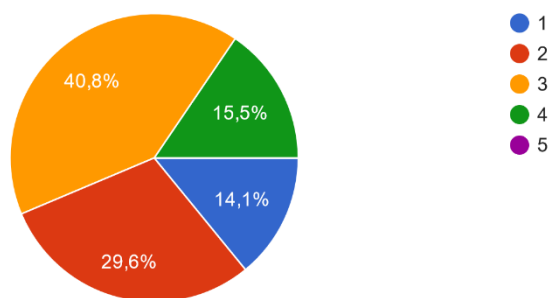


Obrázek 26: 9. otázka dotazníku

Otázka 10: Náročnost používání systému – naučení se s ním pracovat, práce přímo během experimentu (1 nejméně náročné, 5 nejvíce náročné)

Náročnost používání systému - naučení se s ním pracovat, práce přímo během experimentu (1 nejméně náročné, 5 nejvíce náročné)

71 odpovědí

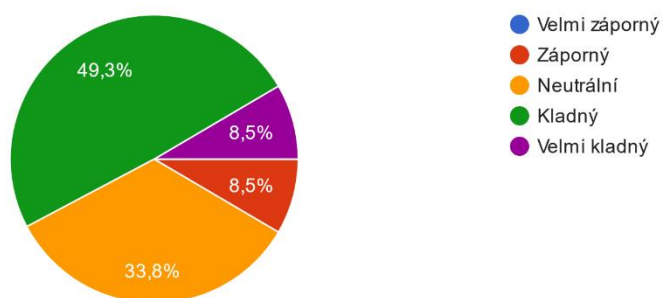


Obrázek 27: 10. otázka dotazníku

Otázka 11: Přístup žáků k měřícím systémům

Přístup žáků k měřícím systémům

71 odpovědí

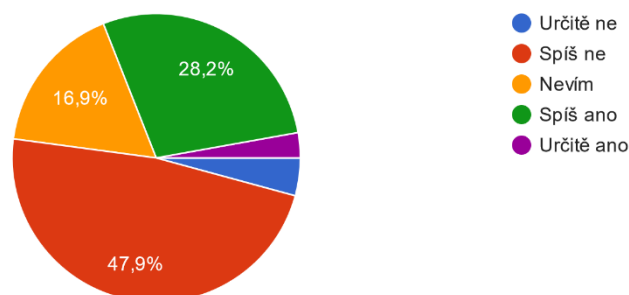


Obrázek 28: 11. otázka dotazníku

Otázka 12: Vnímáte nedostatek námětů na badatelské aktivity speciálně realizovatelných pomocí měřících systémů?

Vnímáte nedostatek námětů na badatelské aktivity speciálně realizovatelných pomocí měřících systémů?

71 odpovědí



Obrázek 29: 12. otázka dotazníku

Otázka 13 (dodatečná otázka – dobrovolné): Vlastní postoj/názor k badatelství a školním měřícím systémům, popř. skloubení badatelství a školních měřících systémů:

- 1.) „Digitalizace je fajn, ale spíše jako pozorování a utvrzení v něčem, jinak je potřeba co nejvíce získávat data klasickým způsobem”
- 2.) „Systémy jsou stále velmi drahé pro frontální použití, badatelská výuka je skvělá, ale velmi časově náročná”
- 3.) „Dobrý den, na tyto věci není moc čas, vzhledem k dotaci hodin fyziky. Takže jste rad, když stihnete za pololetí 1-2 laborky. Badatelská činnost by byla zajímavá, ale důležitější je, aby studenti měli základy fyziky, chápali Newtonovy zákony, uměli převádět jednotky, apod. Pak můžou bádát s Vernierem. Samotná práce s Vernierem je fajn, ale když studenti nechápou fyzikální podstatu toho, co měří, je to k ničemu.”
- 4.) „Badatelství by bylo super, jen na něj při dnešním RVP a dotaci výuky není vůbec čas. A bude hůř, vypadá to, že v nejbližší době dojde ke upozadění výuky laborek. Mimo jiné, žáci nezvládají během laboratorních prací ani základní úkony, např. měření teploměrem, metrem apod.”

- 5.) „To by bylo na samostatný článek. Pokud to jde, bez měřicích systémů se raději obejdu.“
- 6.) „Potřebovali bychom jich více, aby mohli aktivně používat žáci. Bohužel jsou problém finance.“
- 7.) „Myšlenka fajn, ale v praxi náročné. Nedostatek pomůcek na škole pro utvoření dostatečného počtu skupin, často jedna vyučovací hodina nestačí, na experimentování je lepší dvouhodinový blok. Časová náročnost.“
- 8.) „Jelikož jsem učitelem, který učí konstruktivisticky, mám k badatelské výuce velice blízko. Skloubení s měřicími systémy se nabízí, protože poskytuje možnost aktivizovat žáka ve výuce. Technika však často selhává a nelze se na ni spolehnout bez toho, aniž bych tím trávil velkou spoustu času.“
- 9.) „Baví mě to, ale frontálně s 34 žáky to nejde provádět (většinou).“
- 10.) „Měřicí systémy - výborná věc, proti - nedostatek času“
- 11.) „Oboje hraje dnes nezastupitelnou roli - badatelská výuka žáky více baví a motivuje k přírodním vědám a měřicí systémy zase prohlubují digitální kompetence, navíc dnes se žáci v praxi setkají v podstatě už pouze s digitálními přístroji, takže jsou systémy propojením s reálným životem.“
- 12.) „Používat spíše v seminářích, průměrný žák gymnázia na bádání není.“
- 13.) „Vaše otázky jsou poměrně obecné. S badatelskými úlohami mám spojeny spíše experimenty realizované pomocí jednoduchých pomůcek.“
- 14.) „Badatelskou činnost využívám pro domácí přípravu zejména <https://phet.colorado.edu/en/simulations/filter?subjects=physics&type=html,prototype>. Vernier dobré, ale připadá mi, že tam už je vše hotové a žáci kolikrát nevědí, co a proč dělají. Jen postupují podle návodu.“
- 15.) „Dejte možnost více možných odpovědí. Vernier je sice fajn systém, ale rozhodně neměříme jen na něm. Snažím se v hodinách využívat různé metody zkoumání a bádání tak, aby zaujaly i ty, co je fyzika nezajímá. Pokládat si otázky a hledat řešení.“
- 16.) „Pozitivní přínos, žáci mohou sami něco vyzkoušet, aktivizace žáků apod.“

- 17.) „Záleží na počtu hodin fyziky za týden a přístupu studentů. Předně musím splnit osnovy.“
- 18.) „Výuka fyziky by měla být co nejvíce založena na badatelsky orientované výuce, u laboratorních cvičení zrovna tak.“
- 19.) „Mám málo času a ve třídě přes 30 žáků, na laboratorní práce je to sebevražda.“
- 20.) „Badatelství je určitě dobrá věc – ve škole pro něj nenacházím prostor pro nabitě tematické plány, mnoho akcí a odpadlé hodiny.“
- 21.) „Badatelský koncept výuky se mi líbí, ale dle mých zkušeností využití měřících systémů žákům komplikuje pochopení podstaty měření. Pokud měří délkovým měřidlem, stopkami, ampérmetrem, chápou, co měří i jak měření principiálně funguje. V případě měřícího systému ho berou jako černou skříňku, která chrlí data, za kterými si nic nepředstaví a pracují pouze mechanicky, bez hlubšího porozumění.“
- 22.) „Pokud jsou žáci k badatelskému způsobu práce vedeni už z nižších ročníků funguje i na střední škole. Pokud chci zavést badatelské postupy ve vyšších ročnících střední školy, bez předchozích zkušeností, studenti to většinou nevezmou. Snažší je pro ně nechat si vysvětlit a vysvětlené se naučit. Při badatelství mají strach ze selhání, je to pro ně náročné, neumí pracovat s informacemi, rozdělit si práci ve skupině. V takových třídách jsem musela většinou od badatelství ustoupit. Hodiny byly neefektivní. Fungovala spíše frontální výuka s pokusy a doptáváním se na vyvozování nějakých výstupů.“
- 23.) „Badatelská forma výuky s měřícími systémy umožňuje vtáhnout žáky do problematiky, zaujmout je a lépe nabyté znalosti zafixuje díky prožitku, ale měřící systémy jsou cenově náročné, musejí se pořizovat postupně.“
- 24.) „Pokusy zavést tyto prvky narazily na nedostatek času, náročnost přípravy a především na nechuť žáků k tomuto způsobu výuky. Zajímalo to vždy jen malou skupinu žáků, které to zajímalo.“
- 25.) „Hlavní problém zapojení měřících systémů vidím v malém počtu čidel ve školách. Na "Vernierech" si vysoce cením právě velké množství velmi precizních návodů, případně výbornou podporu prakticky v jakoukoli denní (i noční) dobu – je znát, že mají všechny nabízené aktivity velmi dobře odzkoušené v praxi.“

26.) „Můj pohled na implementaci badatelské výuky: Je podle mého názoru vhodné ji zařazovat tam, kde se hodí. Rozhodně nepatřím (přes odučená léta, nebo možná právě proto) k příznivcům výuky typu "učitel přednáší", ale některá témata si o badatelský přístup přímo říkají a na některé je považuji za ztrátu drahocenného času.

Přístup žáků – jak kterých. Některým (větší části) vyhovuje, u některých se setkávám s odporem a u některých s ne zrovna vlídnou reakcí rodičů (protože co že se to teda mají naučit). Obvykle si časem názory vyjasníme, ale je to běh na dlouhou trať. V principu platí, že čím dříve začneme s žáky pracovat, tím má badatelská výuka lepší šanci na úspěch. Pro nás "osmiletáky" tedy ideálně od primy. A mimochodem, výborně se v tomto směru pracuje s dětmi, které přišly z těch často kritizovaných vesnických malotřídek – ne že by byly nějak chytřejší, ale jsou zvyklé samostatně pracovat a spolupracovat (ne soutěžit, opravdu spolupracovat a pomáhat si navzájem), protože jim prostě ve třídě o několika ročnících současně jiného nezbylo.”

27.) „Jde o velmi důležitý způsob výuky, ale žáci se ve většině případů této metodě brání a stále se drží metody výklad-procvičení. Celkově jde o velmi malý zájem o technické disciplíny.“

28.) „badatelství v teoretické rovině lze využít kdykoli, měřicí systémy jsou velmi dobrý doplněk, používám zejm. v laboratorních pracích“

3.3 ANALÝZA VÝSLEDKŮ DOTAZNÍKU

Ze zaškrťovacích otázek vyplývá, že se na dotazníku podíleli většinou pedagogové, kteří učí fyziku déle než 20 let. Méně než pět let učí fyziku pouze dva respondenti z celkových 71, dá se tedy soudit, že obecně dotazník zodpovídali zkušenější učitelé fyziky.

Co se týče možností seznámení s badatelstvím, většina respondentů uvedla, že se s badatelstvím seznámila v některých aspektech více, jinde jen okrajově. Na druhém místě se ve frekvenci odpovědí shodli odpovědi, že se učitelé setkali s badatelstvím jen okrajově, nebo poměrně detailně. Malá část (cca 9 %) se zabývá badatelstvím velmi detailně. A dva pedagogové se neseznámili s badatelstvím v žádné míře. Lze tvrdit, že většina pedagogů má s badatelstvím nějaké zkušenosti, někteří se zabývají badatelstvím podrobněji, někdo

jen okrajově. Celkově se ale dá říct, že učitelé nějaký pojem (ať detailnější, či okrajový) o badatelství mají.

V otázce zabývající se získáváním informací o badatelství uvedli kantoři, že většinou (cca 50 %) se dozvěděli o badatelství v rámci dalšího formálního vzdělávání (kurzů). Na druhém místě byla odpověď, že učitelé získali informace o badatelství v rámci samostudia literatury. Rovněž byla častý zdroj informací neformální diskuze s kolegy. Překvapivé se může zdát, že pouze šest respondentů (cca 9 %) získalo informace o badatelství v rámci získávání učitelské kvalifikace. Ovšem vzhledem k tomu, že vzorek respondentů uvedl, že většina jsou učitelé s praxí více než dvacetiletou, je to pochopitelné, protože v době získávání kvalifikace ještě na fakultách badatelství nebylo věnováno příliš pozornosti.

Dále většina (cca 56 %) respondentů uvedla, že badatelství využívá ve výuce občas. A na druhém místě jsou spolu opět postoje, že jedna skupina využívá badatelství často (cca 20 %) a jedna skupina využívá badatelství zřídka (cca 18 %). Tři respondenti uvedli, že badatelství nepoužívají nikdy a jeden respondent uvedl, že používá badatelství velmi často. Učitelé tedy vesměs v hodinách badatelství používají v různých měrách.

Na čem se respondenti shodují je to, že žáci mají spíše kladný přístup k badatelství a oni sami rádi implementují badatelství.

Co se týče měřících systémů, tak ve velké většině (cca 59 %) používají respondenti měřící systémy Vernier. Na druhém místě (cca 20 %) používají Pasco. Dále pak ISES, IP Coach NeuLog, kombinaci systémů, nebo klasické jednotlivé měřící přístroje (ampérmetr, mikrometr, apod.).

Tyto měřící systémy pak používají respondenti běžně. Respektive možnost "Občas" byla nejvíce zastoupenou (cca 52 %). Jen čtyři respondenti nevyužívají žádné měřící systémy. Zbytek buď zřídka (cca 17 %) nebo často (cca 23 %).

Co se týče spokojenosti se systémem, pedagogové jsou obecně spokojeni s jimi užívaným systémem. Pouze dva kantoři zaškrtnli spokojenost na úrovni 2 a jeden pedagog zaškrtnl spokojenost na úrovni 1 (1 je nejméně, 5 nejvíce).

Otázka zohledňující náročnost používání systému kantoři uvádí, že používání systémů je obecně přijatelně náročné. Tedy většina odpovědí se pohybuje v rozmezí 2-4 (kde 1 je

nejméně náročné a 5 je nejvíce náročné). Pokud bychom zhodnotili dotazník ještě více podrobněji a porovnali dvě nejčastěji zaškrťované odpovědi u možnosti výběru ŠMS (tedy Pasco a Vernier), zjistíme, že průměrná odpověď na otázku zohledňující náročnost používání u uživatele Verniera se pohybuje okolo 2, zatímco u uživatelů Pasca se pohybuje okolo 3.

Ohledně přístupu žáků, tak respondenti uvádí, že převažuje spíše kladný postoj žáků k měřícím systémům. Pouze čtyři kantoři uvedli postoj jako záporný, ale nikdo neuvedl postoj velmi záporný.

Finální zaškrťovací otázka sleduje, zda kantoři vnímají nedostatek námětů na badatelství spojené s měřícími systémy. Většina respondentů (cca 48 %) určila, že spíše ne. Na druhém místě kantoři uváděli, že spíše ano a na třetím pak bylo zaškrtnuto pole "Nevím". V malé míře pak lektori odpovídali "Určitě ne" a "Určitě ano".

Zajímavostí jsou i následné otevřené dobrovolné odpovědi, ke kterým se vyjádřilo hned 28 pedagogů fyziky. Hlavním bodem, který se často opakuje v odpovědích je fakt, že badatelství je časově náročné a nevyhovuje ve výuce, protože na něj prostě není čas a kantoři musí jet podle osnov. Fakt, který akcentuje tento problém je i to, že žáků je příliš mnoho, než aby se dalo stihnout poctivě bádát. Často se skloňuje také finanční náročnost měřících systémů. V neposlední řadě kantoři často uvádí, že mají obecně k systémům a badatelství kladný postoj, ovšem žáky je někdy těžko motivovat a spíše je badatelství mate, než aby je vzdělávalo. Jeden respondent píše, že raději vysvětlí látku frontálně a žáci se to naučí, což vyhovuje oběma stranám. Jedna odpověď uvádí, že badatelství zajímá vždy jen malou skupinu žáků a ostatní k tomu mají lhostejný a někdy i záporný přístup. Pedagogové tedy doporučují žáky badatelství vystavovat co nejdříve (na osmiletém gymnáziu od primy), aby později byli žáci připravenější samostatně myslet a bádát. Dotazníkové šetření má přirozeně určité limitace, předně se dá očekávat, že výsledky byly ovlivněny tím, že větší motivaci odpovědět na otázky měly učitelé zajímající se o tuto problematiku nadprůměrně. Získané údaje tudíž nemusí být zcela reprezentativní pro množinu všech gymnaziálních učitelů fyziky.

3.4 SHRNU TÍ

Lze tedy říci, že obecně panuje k ŠMS a badatelství spíše pozitivní postoj a žáci díky této vyučovací metodě mohou lépe porozumět probírané látce a získat větší motivaci do studia přírodovědných předmětů. Kantoři jsou ve většině spokojeni se zařízeními a snaží se je často využívat.

Hlavním problémem při používání těchto systémů a badatelství se zdá být hlavně časová náročnost a technická podpora. Pro jejich časovou náročnost jsou mnohdy tyto aktivity potlačeny, jelikož by se jinak nestíhalo probírat látku dle osnov. Technická podpora pak zajišťuje, že žáci i pedagogové jsou dostatečně technicky zdatní, aby mohli s těmito zařízeními efektivně pracovat. Za zmínku pak stojí i finanční náklady, které jsou spojené s těmito ŠMS, a tudíž není úplně realizovatelné opatřit tyto pomůcky všem žákům ve třídě, pokud pracujeme s početnou třídou.

4 ÚPRAVA NÁMĚTŮ NA LABORATORNÍ PRÁCE POMOCÍ ŠKOLNÍCH MĚŘÍCÍCH SYSTÉMŮ TAK, ABY BYLY REALIZOVATELNÉ I S JEDNODUCHÝMI POMŮCKAMI A DOSAHOVALY VYŠŠÍ ÚROVNĚ BADATELSTVÍ

Tato kapitola bude pojednávat o dvou navržených laboratorních úlohách, které budou podrobněji rozebrány a dalších námětech na laboratoře. Inspirace přitom byla v souladu se zadáním získána z úloh realizovaných s pomocí měřících systémů a popsanych především v podkapitolách 2.2.4, 2.3.3 a 2.4.4

4.1 MĚŘENÍ KONCENTRACE ROZTOKU NaCl

Tento pokus bude zaměřen na klasickou elektrolýzu roztoku NaCl. Při elektrolýze dochází na elektrodách k chemickým změnám. Zaměříme na otázku, zda hrají chemické změny výraznější roli na rezistivitě roztoku, tedy budeme se zabývat přechodovými odpory. Tyto odpory jdou jednoduše zjistit pouhým posunutím elektrod od sebe a k sobě. Pokud by hrály přechodové odpory větší roli, zjistíme, že odpor nebude výrazně klesat (vzhledem k měnící se vzdálenosti elektrod).

Druhým úkolem je zjistit, jak vlastně závisí vodivost elektrolytu na koncentraci NaCl. Intuitivně se dá tušit, že čím více budeme navyšovat koncentraci nosičů náboje (tedy v našem případě iontů v elektrolytu), tím bude vodivost (a tedy naměřený elektrický proud) stoupat. Ovšem je zde mez rozpustnosti. Čili ve chvíli, kdy plně nasytíme roztok (kdy se už v roztoku nebude dál rozpouštět NaCl), konduktivita se ustálí na konstantní hodnotě, jelikož počet volných nosičů náboje dosáhne maximální hodnoty a nerozpuštěná sůl na dně již nemá vliv na příbytek konduktivity (Cervera et. al, 2006). Z naměřených hodnot pak lze zjistit závislost odporu elektrolytu na koncentraci rozpuštěné látky. Cílem této úlohy je porovnat dva grafy ze dvou článků (Cébron et al., 2017; Rao a Thyagaraj, 2007). První zmiňovaný článek počítá rozpustnost podle Kohlrauschova zákona. Zde je ovšem problém (který si autoři článku ani recenzenti zjevně neuvědomili) s tím, že Kohlrauschův zákon se používá pouze pro malé koncentrace, ale když pracujeme s takto koncentrovanými elektrolyty, pak jej již nelze použít. V článku je tak vedeno, že při koncentraci vyšší než 220 g/l bude vodivost klesat a je též odvozena hodnota 440 g/l, kdy by vodivost padla na nulu – tato situace nenastává, protože tato hodnota je již za prahem rozpustnosti soli ve vodě.

Druhý článek pak používá podobný postup při měření, který je použit v rámci této laboratorní práce a využívá i modelování pomocí softwaru.

Tedy daly by se žákům posoudit dva grafy a na záčích by bylo následně určit, který je spíše pravděpodobnější a vědecky správnější pro naši situaci. Rovněž by se poučili, že je třeba vždy dávat pozor na platnost fyzikálních zákonů, stejně tak jako kriticky uvažovat nad články.

Zároveň tato úloha vedle schopnosti provést měření rozvíjí i metakognici žáka. Je tomu tak, protože přemýšlivý žák si může uvědomit, že pokud je řešení z jednoho článku založeno na přírodním zákonu a z druhého na neznámém softwarovém algoritmu, těžko by žáci mohli odhalit, že chyba je právě v daném algoritmu, o kterém nemají žádné informace. Dává tedy smysl, že problém bude v užití zákona, což skutečně je, protože je platný jen pro malé koncentrace a k měření jsou potřeba koncentrace velké.

Měření koncentrace NaCl: pro vedoucí laboratorní práce

Úloha

Stanovit závislost odporu na koncentraci elektrolytu. Jakou roli hrají přechodové odpory?

Pomůcky

kádinka, galvanický článek, váhy, lžička, NaCl, elektrody, vodiče, multimetr

Teorie

Elektrolýza je děj, kdy ve vodivém roztoku (elektrolytu) prochází stejnosměrný elektrický proud, čímž dochází k chemickým změnám na elektrodách. Elektrolyt obsahuje směs iontů (kationty a anionty) a vlivem působení elektrického proudu dochází k jejich pohybu k daným elektrodám (kationty ke katodě, anionty k anodě).

Přechodový odpor – odpor vznikající na rozhraní dvou vodičů. V našem případě na rozhraní mezi elektrodou a elektrolytem. Budeme měřit, zda hraje velkou roli např. vrstva, kterou se pokryje elektroda vlivem chemických dějů při elektrolýze.

K laboratorní úloze jsou přiloženy dva grafy závislosti elektrické vodivosti NaCl na koncentraci z dvou různých článků. Úkolem je určit na základě vlastního měření, který graf víc odpovídá realitě a odůvodnit, proč u toho druhého nastala výrazná kvalitativní odchylka.

První článek používá pro výpočet závislosti vodivosti na koncentraci tzv. Kohlrauschův zákon, na jehož základě lze vyjádřit vodivost vztahem:

$$\sigma = a_0 C - b_0 C^{\frac{3}{2}}$$

kde C je koncentrace a, b jsou konstanty specifické pro danou látku. Dá se ukázat (pomocí derivace a jejího položení rovno nule), že tato funkce má maximum pro hodnotu:

$$C_{max} = \frac{4}{9} \frac{a_0^2}{b_0^2}$$

Graf udělaný tímto postupem vypadá následovně (je vidět, že maximum nastává pro koncentraci cca 200 kg/m³):

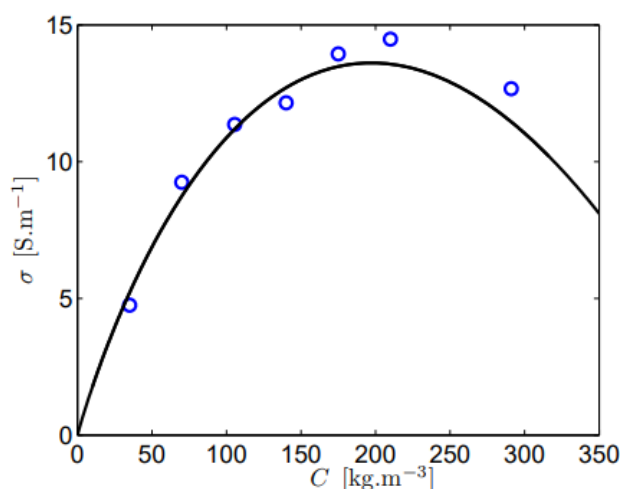
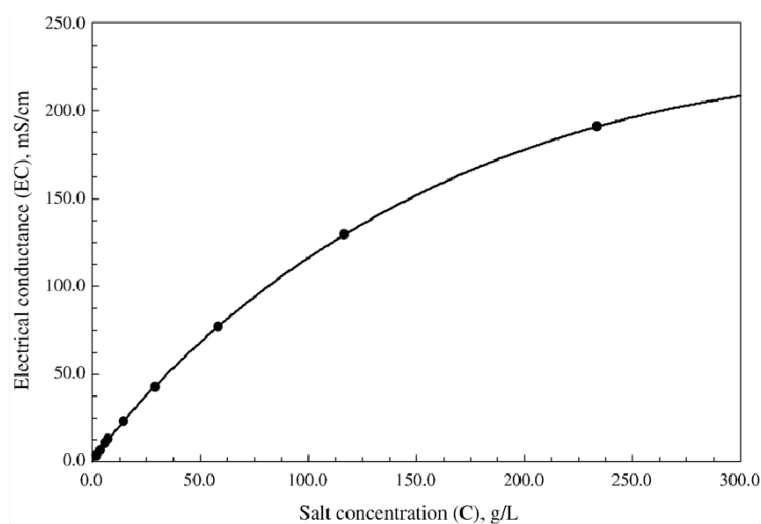


Fig 4. Evolution of the conductivity with the NaCl concentration. Our data (circles) are in excellent agreement with the Kohlrausch law (solid line), given by Eq (4), using ($a_0 \approx 2071 \cdot 10^{-4} \text{ S.m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$, $b_0 \approx 98.32 \cdot 10^{-4} \text{ S.m}^{7/2} \cdot \text{kg}^{-3/2}$). Note that the NaCl solubility in water is 360 kg.m^{-3} at 25° C .

Obrázek 30: Závislost vodivosti na koncentraci NaCl (převzato z <https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0178599&type=printable>)

Druhý článek nepoužívá Kohlrauschův zákon, ale přímo pracuje s hodnotami namodelovanými pomocí speciálního softwaru. Výsledný graf pak vypadá následovně (je patrné, že funkce na rozdíl od prvního případu maximum nemá):



Obrázek 31 Závislost vodivosti na koncentraci NaCl (převzato z <http://ve5kj6kj8s.scholar.serialssolutions.com/?sid=google&auint=SM&auid=Rao&title=Role+of+direction+of+salt+migration+on+the+swelling+behaviour+of+compacted+clays&id=doi:10.1016/j.clay.2007.02.005>)

Postup

- 1.) Do kádinky navažte 2 g NaCl a doplňte vodou na 60 ml.
- 2.) Vzniklý elektrolyt podrobte elektrolýze a zaznamenejte naměřenou hodnotu proudu a při znalosti napětí zdroje určete odpor elektrolytu
- 3.) Pak důkladně promíchejte. Stejný postup opakujte s hmotností 5, 10, 15, 20 g NaCl. Hodnoty zpracujte do tabulky.

Otázky

- 1.) Jak vypadá graf závislosti proudu na hmotnosti NaCl? Který z výše uvedených průběhů převzatých článků je správně a kde je u chybné závislosti problém?
- 2.) Jakou hrají roli přechodové odpory? Jak to lze zjistit?

Řešení

1.) Pokud bychom vzali potaz čistě teoretickou stránku věci, odvodíme, že první uvedený graf není správný. Je tomu tak, protože v prvním případě byl k výpočtu použit Kohlrauschův zákon. Ten ale platí jen pro malé koncentrace a v případě, kdy pracujeme se silně koncentrovanými roztoky, jako je tomu v našem případě, jeho platnost upadá. Správně tedy bude graf druhý.

Při měření je třeba dbát na správné odečítání hodnot z multimetru. Po chvíli totiž mohou naměřené hodnoty odporu klesat. Nás ale v rámci měření bude zajímat pouze počátek měření – při přidání elektrod do roztoku dochází k reakcím, které mohou ovlivnit koncentraci iontů (a tudíž počáteční hodnota poskytuje informaci o vodivosti elektrolytu před těmito reakcemi). Výsledky měření pak mohou vypadat takto:

Tabulka 5: Naměřené hodnoty el. proudu při různé koncentraci NaCl

Číslo měření	Koncentrace [g/60 ml]	El. proud [A]
1	2	0,29
2	5	0,52
3	10	0,84
4	15	1,01
5	20	1,02

2.) V rámci přechodových odporů zjišťujeme, že ač na elektrodách probíhají chemické reakce, tak to nemění jejich vlastnosti v rámci vedení elektrického proudu. Toto můžeme ověřit jednoduše tím, že umísťujeme elektrody do různých vzdáleností od sebe (příčemž, když elektrody umístíme blíž k sobě, odpor se sníží a naopak když půjdou od sebe, tak se odpor zvýší). Tento jev bychom nemohli pozorovat, pokud by hrály přechodové odpory mezi elektrolytem a elektrodou větší roli (vrstva vytvořená na povrchu elektrody tedy nemění její elektrické vlastnosti).

Měření koncentrace NaCl: pracovní list

Úloha

Stanovit závislost odporu na koncentraci elektrolytu. Jakou roli hrají přechodové odpory?

Pomůcky

kádinka, galvanický článek, váhy, lžička, NaCl, elektrody, vodiče, multimetr

Teorie

Elektrolýza je děj, kdy ve vodivém roztoku (elektrolytu) prochází stejnosměrný elektrický proud, čímž dochází k chemickým změnám na elektrodách. Elektrolyt obsahuje směs iontů (kationty a anionty) a vlivem působení elektrického proudu dochází k jejich pohybu k daným elektrodám (kationty ke katodě, anionty k anodě).

Přechodový odpor – odpor vznikající na rozhraní dvou vodičů. V našem případě na rozhraní mezi elektrodou a elektrolytem. Budeme měřit, zda hraje velkou roli např. vrstva, kterou se pokryje elektroda vlivem chemických dějů při elektrolýze.

K laboratorní úloze jsou přiloženy dva grafy závislosti elektrické vodivosti NaCl na koncentraci z dvou různých článků. Úkolem je určit na základě vlastního měření, který graf víc odpovídá realitě a odůvodnit, proč u toho druhého nastala výrazná kvalitativní odchylka.

První článek používá pro výpočet závislosti vodivosti na koncentraci tzv. Kohlrauschův zákon, na jehož základě lze vyjádřit vodivost vztahem:

$$\sigma = a_0 C - b_0 C^{\frac{3}{2}}$$

kde C je koncentrace a, b jsou konstanty specifické pro danou látku. Dá se ukázat (pomocí derivace a jejího položení rovno nule), že tato funkce má maximum pro hodnotu:

$$C_{max} = \frac{4}{9} \frac{a_0^2}{b_0^2}$$

Graf udělaný tímto postupem vypadá následovně (je vidět, že maximum nastává pro koncentraci cca 200 kg/m³):

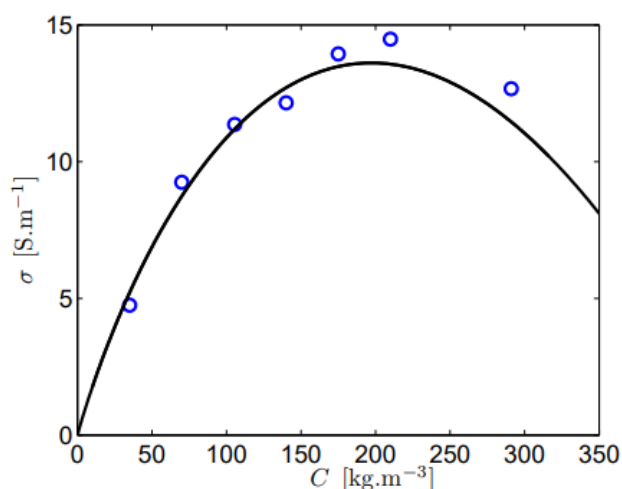
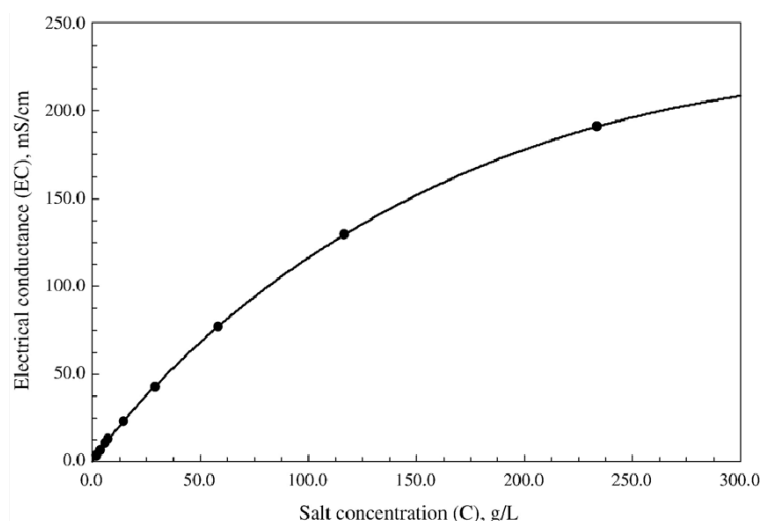


Fig 4. Evolution of the conductivity with the NaCl concentration. Our data (circles) are in excellent agreement with the Kohlrausch law (solid line), given by Eq (4), using ($a_0 \approx 2071 \cdot 10^{-4} \text{ S.m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$, $b_0 \approx 98.32 \cdot 10^{-4} \text{ S.m}^{7/2} \cdot \text{kg}^{-3/2}$). Note that the NaCl solubility in water is 360 kg.m^{-3} at 25° C .

Obrázek 32: Závislost vodivosti na koncentraci NaCl (převzato z <https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0178599&type=printable>)

Druhý článek nepoužívá Kohlrauschův zákon, ale přímo pracuje s hodnotami namodelovanými pomocí speciálního softwaru. Výsledný graf pak vypadá následovně (je patrné, že funkce na rozdíl od prvního případu maximum nemá):



Obrázek 33: Závislost vodivosti na koncentraci NaCl (převzato z <http://ve5kj6kj8s.scholar.serialssolutions.com/?sid=google&auint=SM&auplast=Rao&atitle=Role+of+direction+of+salt+migration+on+the+swelling+behaviour+of+compacted+clays&id=doi:10.1016/j.clay.2007.02.00>)

Postup

- 1.) Do kádinky navažte 2 g NaCl a doplňte vodou na 60 ml.
- 2.) Vzniklý elektrolyt podrobte elektrolýze a zaznamenejte naměřenou hodnotu proudu a při znalosti napětí zdroje určete odpor elektrolytu
- 3.) Pak důkladně promíchejte. Stejný postup opakujte s hmotností 5, 10, 15, 20 g NaCl. Hodnoty zpracujte do tabulky.

Otázky

- 1.) Jak vypadá graf závislosti proudu na hmotnosti NaCl? Který z výše uvedených průběhů převzatých článků je správně a kde je u chybné závislosti problém?
- 2.) Jakou hrají roli přechodové odpory? Jak to lze zjistit?

4.2 MĚŘENÍ ODPORU GRAFITOVÝCH TUH

Grafitové tuhy jsou rozděleny podle jejich podílu grafitu a jílu. Toto rozdělení je podle tzv. HB parametru (H = hardness, B = blackness). Jíl nám tedy v tuze zajišťuje tvrdost, zatímco grafit černost. S rostoucím podílem grafitu pak roste i číslo před B (tedy 2B má více grafitu než B, 3B má více grafitu než 2B apod.). Grafit je obecně dobrým vodičem a jíl naopak dobrým izolantem. Tento fakt nám pomáhá naměřit a určit různé druhy tuh podle toho, jak velkou rezistivitou se dané tuhy vyznačují.

Tímto měřením se zabývá například článek *Electrical conductivities of different grade lead pencil graphite* (Gürgünoglu, 2015). Experiment byl konstruován tak, že na tuhu zde bylo přiváděno stejnosměrné napětí o hodnotě 2 V. Protože se grafit vlivem protékajícího proudu zahříval, bylo nutné, aby měření každé tuhy trvalo 10 vteřin, a to i kvůli přesnosti měření, protože možné zvětšení odporu mohlo mít za následek právě zvýšení teploty. A jak už titul článku napovídá, nezjišťovala se rezistivita, ale konduktivita, kdy k znalosti konduktivity byly třeba rozměry tuhy, změřený protékající proud a napětí.

Měření odporu grafitových tuh: pro vedoucí laboratorní

práce

Úlohy

Zjistěte, o jaký druh tuhy se jedná v případě tuhy 1 a tuhy 2.

Pomůcky

Pravítko, mikrometr, grafitové tuhy, vodiče

Teorie

Grafitové tuhy jsou rozděleny podle jejich podílu grafitu a jílu. Pokud tuha obsahuje větší množství jílu, pak se jedná o B (nebo HB). S rostoucím podílem grafitu pak roste i číslo před B (tedy 2B má více grafitu než B, 3B má více grafitu než 2B apod.). Grafit je obecně dobrým vodičem a jíl naopak dobrým izolantem.

Odpor lineárního vodiče vypočítáme podle vzorce

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S},$$

Kde R je odpor vodiče, ρ je rezistivita vodiče, l je délka vodiče a S je průřez vodiče.

Postup

1.) Proměřte parametry grafitových tuh (délku a poloměr).

Menší tuhy mají průměr 2 mm, tedy poloměr bude 1 mm, větší pak mají průměr 5,6 mm, tedy poloměr 2,8 mm. Pokud známe poloměr, lze vypočítat obsah, protože tuhy mají kruhový průřez. Tuhy jsou v našem případě 12 cm dlouhé, ale vzhledem k tomu, že nepřikládáme krokosvorky dokonale u kraje, je vhodnější počítat s délkou 11,5 cm.

2.) Proměřte odpor u známých tuh.

Zde měříme pro kalibraci menší tuhy. V našem případě máme k dispozici tuhy podle vzrůstajícího podílu grafitu: B, 3B, 5B. Pokud změříme odpor, známe všechny potřebné informace k dopočítání rezistivity daných tuh.

3.) Proměřte odpor u neznámých tuh.

V našem případě se jedná o větší tuhy (tedy s poloměrem 2,8 mm). Opět proměříme odpor a známe všechny potřebné parametry k dopočítání rezistivity daných tuh.

4.) Určete, o jaké tuhy se jedná.

Zde vycházíme z porovnání výsledků kalibračních tuh a tuh neznámých. Snažíme se tedy určit o jakou tuhu se jedná (zda 4B, 5B,...). Pro přehlednost lze převést Ωm na Ωmm

Měření odporu grafitových tuh: pracovní list

Úlohy

Zjistěte, o jaký druh tuhy se jedná v případě tuhy 1 a tuhy 2.

Pomůcky

Pravítko, mikrometr, grafitové tuhy, vodiče

Teorie

Grafitové tuhy jsou rozděleny podle jejich podílu grafitu a jílu. Pokud tuha obsahuje větší množství jílu, pak se jedná o B (nebo HB). S rostoucím podílem grafitu pak roste i číslo před B (tedy 2B má více grafitu než B, 3B má více grafitu než 2B apod.). Grafit je obecně dobrým vodičem a jíl naopak dobrým izolantem.

Odpor lineárního vodiče vypočítáme podle vzorce

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S},$$

kde R je odpor vodiče, ρ je rezistivita vodiče, l je délka vodiče a S je průřez vodiče.

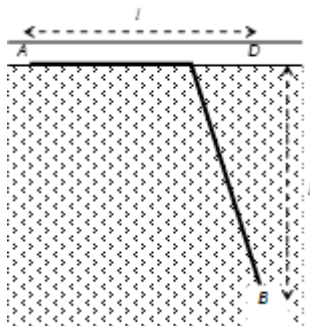
4.3 DALŠÍ NÁMĚTY NA BADATELSKY ORIENTO VANÉ LABORATOŘE

4.3.1 SMĚS VODY A LEDU

Otázka – proč solíme silnice? Zde mohou žáci skrze experimentování vyzkoušet, jaký vliv má přidání soli do směsi ledu a vody. V tomto případě by byl dostupný teploměr, ledová tříšť a sůl. Žáci se pak pokusí dojít k závěru, že směs má výrazně nižší bod tuhnutí, než by tomu bylo bez přidání soli, a tudíž nám díky tomuto jevu nezamrznou silnice při teplotách výrazně nižších než nula. Ovšem v rámci tohoto tématu lze také akcentovat, že přidání soli také výrazně zvyšuje tření, které výrazně napomáhá tomu, že např. chodník v zimě tolik neklouže.

4.3.2 GRAFITOVÁ CESTA

Zde by bylo možné použít analogii z mechaniky, kdy cestujeme z bodu A na silnici do bodu B, který je například na louce (podstatné je, že v jednom prostředí se pohybujeme pomaleji, než v druhém). Víme tedy, že rychlost auta po louce je η -krát menší než po silnici a naším úkolem je určit, v jaké vzdálenosti od bodu D je třeba sjet ze silnice



Obrázek 34: Analogie grafitové cesty

Převvedeno na tuto úlohu bychom pracovali s grafitovou tyčí, takže tuha s menší rezistivitou by šla od A do D a od B by pak vedla tuha s η -krát větší rezistivitou. Dále bychom pak posunovali tuhou B po tuze A-D a přitom hledali, kdy bude nejmenší odpor mezi A-B (tedy analogie nejkratšího času dráhy A-D z mechaniky). Přitom bychom museli dodržovat rozměry $AD = BD = l$.

Řešení této úlohy by bylo následující:

Označíme x vzdálenost od A, kde odbočíme a hledám minimum funkce

$$R(x) = R_1(x) + R_2(x) = K \cdot x + K \cdot \eta \sqrt{(l-x)^2 + l^2}$$

Je tedy nutno provést derivaci, kdy K je konstanta vystihující rezistivitu a průřez tuhy, pro určení extrému nepodstatná.

Dostáváme:

$$\frac{dR(x)}{dx} = 1 + \frac{\eta \cdot 2 \cdot (l-x) \cdot (-1)}{2 \cdot \sqrt{(l-x)^2 + l^2}} = 1 - \frac{(l-x) \cdot \eta}{\sqrt{(l-x)^2 + l^2}}$$

Derivaci položíme rovnu nule, musí tudíž platit:

$$1 = \frac{(l-x) \cdot \eta}{\sqrt{(l-x)^2 + l^2}} \rightarrow (l-x) \cdot \eta = \sqrt{(l-x)^2 + l^2} \rightarrow (l-x)^2 \cdot \eta^2 = (l-x)^2 + l^2$$

$$\rightarrow (\eta^2 - 1) \cdot (l-x)^2 = l^2 \rightarrow (l-x)^2 = \frac{l^2}{(\eta^2 - 1)}$$

$$\rightarrow (l-x) = \frac{l}{\sqrt{\eta^2 - 1}} \rightarrow x = l \cdot \left(1 - \frac{1}{\sqrt{\eta^2 - 1}}\right)$$

A je patrné, že čím větší je η , tím je lepší odbočit dál od A blíž k D, protože odpor tuhy do B je prostě moc velký a musíme se snažit maximálně zmenšit délku, kdy jdou po této tuze (i na úkor zvětšení délky u tuhy z A, která má rezistivitu malou). U mechaniky tato optimalizace vychází stejně.

Původní myšlenka byla toto měření provést podle grafitových vodičů – tedy pomocí grafitových tuh nakreslit na papír “cesty” kterými se lze vydat a ty pak proměřit. Ovšem realizace byla nepraktická, jelikož bylo třeba nanést značnou vrstvu grafitu, a i potom bylo měření nekonzistentní.

Úskalím u praktické realizace této úlohy je to, že grafitové tyče mají většinou kruhový průřez. To má za následek to, že po přichycení po sobě grafitové tyče mají tendenci sklouznout a je téměř nemožné je stabilně upevnit k sobě. A upevnění samo pak je závislé na přechodových odporech, jelikož jediným způsobem, jak mít tyče přitisklé na sebe je, aby

je někdo držel. To má ale za následek nekonstantní sílu stisku, a tudíž možnou změnu v přechodovém odporu, což výrazně zmenšuje přesnost měření.

4.3.3 GALVANICKÝ ČLÁNEK Z CITRÓNU

Zde by žáci pracovali s citrónem a předměty, se kterými se denně setkávají a zkoušeli by vyrobit elektřinu, kterou by pak měřili. Předměty pro elektrody by mohly být například koruny, protože koruny jsou ražené z oceli a jsou pokovované buď niklem (1, 2 a 5 Kč), mědí (10 Kč), mosazí (20 Kč) a kombinací mědi a mosazi (50 Kč). To by mělo za následek, že by každá kombinace měla jinou hodnotu naměřeného proudu a úkolem by bylo vyrobit co nejefektivnější článek.

4.4 SHRUTÍ

V této kapitole byly rozebrány podrobněji dvě úlohy, ve kterých se uplatňuje badatelsky orientovaná výuka. Měření koncentrace NaCl dosahuje badatelské úrovně 1 (tedy známe otázku, teorii, postup, ale neznáme výsledek), zatímco úloha Měření odporu grafitových tuh dosahuje badatelské úrovně 2 (tedy známe pouze otázku a teorii, ale neznáme postup a výsledky).

Rovněž zde byly už méně podrobněji rozebrány náměty na další badatelské laboratorní úlohy.

Všechny výše zmíněné úlohy přitom splňují to, že se dají udělat s běžně dostupnými pomůckami a měřidly (v podrobně rozebraných úlohách nám stačí k měření pouze multimetr a vodiče s krokosvorkami).

5 OVĚŘENÍ NĚKTERÉ Z NOVĚ NAVRŽENÝCH/UPRAVENÝCH LABORATORNÍCH ÚLOH V PRAXI

5.1 POPIS LABORATORNÍCH PODMÍNEK

Pro ověření byla vybrána laboratorní práce, která se týká měření odporu grafitových tuh. Ověřování proběhlo celkem ve třech třídách na gymnáziu – třetí ročník čtyřletého gymnázia, septima a kvarta, přičemž žáci pracovali ve dvojicích (celkem bylo v jednotlivých skupinkách maximálně 6 dvojic). Laboratoře byly dobře vybavené – každá dvojice měla svůj multimetr, pravítko, vodiče a mikrometr.

5.2 PRÁCE V LABORATOŘI

5.2.1 ÚVOD

Na úvod laboratorní práce byly nejdříve vysvětleny pojmy ohledně odporu a vodivosti grafitových tuh. Následně byla nastíněna badatelská výuka – tedy, že žáci si budou muset na postup a závěr přijít sami, dostupná jim bude pouze teorie a pomůcky. Rovněž byli žáci upozorněni, aby dbali na přesnost měření a správně si označili, jakou zrovna měří tuhu (aby např. nedošlo k záměně 3B za B apod.). Při práci pak žáci, pokud se zasekli v měření, byli navedeni na správný postup otázkami od vedoucího práce (např.: “Co nám dělá, že hodnota odporu na multimetru není konstantní a jak to odstranit?”).

5.2.2 POSTUP PRÁCE

V rámci práce nejdříve žáci nastudovali pracovní list, ve kterém jim pomohl při zjišťování postupu práce seznam pomůcek. Žáci tedy šli pro multimetr a mikrometr.

K multimetrům byly přidány vodiče, které měly perové (tedy hrotové) zakončení. To byla první věc, která zarazila žáky, a sice, že hodnoty na multimetru neustále kolísaly. Což ovšem není chyba multimetru, ale špatně zvolená metoda měření, jelikož pokud se přikládají vodiče s hrotovým zakončením, pak žák nepůsobí na grafitovou tuhu konstantní silou, a tudíž pak ukazuje multimetr různé hodnoty v závislosti na tom, jak silně zrovna žák hrot vodiče přitlačí. Čili u žáků, kteří měli větší problémy s touto částí měření, jsem se pokusil nějak napovědět, že by to chtělo najít způsob, díky kterému by šlo uchopit nějak tuhu a

držet jí konstantní silou, aby bylo měření přesné a smysluplné. A správnou odpovědí byly krokosvorky.

Dalším problémem se zdálo, že žáci nevěděli, v jaké vzdálenosti od sebe mají vodiče být při měření tuhy. Například jeden vodič někam přiložili na tuhu, druhý pak dali třeba těsně vedle něj. Dalo by se to shrnout tak, že žáci si nepropojili, že l je jednak délka vodiče, ale také v jaké délce měříme odpor (tedy jak daleko jsou vodiče od sebe). Ovšem i tento problém nakonec žáci vyřešili díky pár otázkám, které je nasměrovaly k správnému řešení.

Další průběh práce byl vesměs hladký. Došlo na pár upřesnění, co se týče měření mikrometrem, ovšem jinak vše probíhalo bez problémů. Žáci si uvědomovali sami např. kruhový průřez tuh, a tudíž zvládli vypočítat obsah plochy.

Na konci pak se někteří zasekli s tím, že sice naměřili všechny parametry, které mohli (tj. odpor, délku a průřez), ale nevěděli už co s tím. Někoho zmátlo, že u neznámých tuh vychází odpory jiné hodnoty, než u tuh kalibračních – tedy nedošlo úplně k propojení, že odpor závisí na parametrech lineárního vodiče a nelze v této úloze určit druh tuhy jen podle naměřené hodnoty odporu. V tu chvíli byli žáci opět navedeni na správnou cestu, když si uvědomili, že rezistivita je ta veličina, o kterou jim jde a která je specifická pro každý druh tuhy.

Tedy žáci rezistivitu bez větších obtíží vypočítali a správně seřadili pak tuhy (jelikož si uvědomili závislost podílu grafitu na vodivosti tuhy).

5.2.3 VÝPOČTY A VÝSLEDKY

Zajímavým faktorem u přesnosti výsledků se zdá být i věk žáků. Nejprve bylo měření provedeno v septimě. Žáci postupovali víceméně samostatně, jen občasně byla nutná intervence učitele (např. vysvětlení měření mikrometrem, používání krokosvorek, apod.). I samotný výpočet se nezdál dělat žákům větší potíže. Žáci velmi dobře chápali veličiny potřebné k určení rezistivity a jak rezistivitu vypočítat. Též jim nedělal převod jednotek, někteří uváděli výsledek buď v Ωcm , nebo Ωmm pro přehlednost výsledků.

Potíže s výpočtem ovšem nastaly v kvartě – zde působily větší problémy s měřením s mikrometrem, a tudíž se mohlo jednat o větší zdroj nepřesností ve výpočtu samotném. Rovněž zde byl často zaměňován průřez s průměrem. Tedy žáci dosadili do vzorce hodnotu,

kteřá jim vznikla po měření s mikrometrem, což vedlo k nesprávným výsledkům. Někteří žáci si tuto problematiku uvědomili až po intervenci učitele, ale zase si nevzpomněli na výpočet obsahu kruhu.

Co se týče interpretace výsledků, tak tato část se jevila problematičtější. Mnozí žáci si totiž všimli, že na tuhách je drobným písmem napsáno, o jaký druh tuhy se jedná (tedy odhalili druh neznámé tuhy během měření). To mělo za následek určité zkreslení výsledků, jelikož hodnoty rezistivity neodpovídaly tuhám, kterým odpovídat měly. Jeden protokol uvedl v závěru správně: “U tuhy 1 a 2 nám vyšla rezistivita vyšší než u kontrolních skupin, u první tuhy $\rho(1) = 0,65 \Omega\text{mm}$ a druhé tuhy $\rho(2) = 0,4 \Omega\text{mm}$, což by mělo znamenat, že podíl grafitu je nižší.”

Tyto výsledky se lišily od teorie, která je rozpracována ve výše zmíněném článku o tuhách *Electrical conductivities of different grade lead pencil graphite*. Velkou roli nepochybně hrály přechodové odpory. To šlo zjistit pomocí toho, že pokud jsme uchytili tuhu pomocí krokosvorek na konci a poté přibližovali krokosvorky k sobě, neplatil lineární vztah mezi odporem a vzdáleností krokosvorek od sebe. Určitou roli by mohla hrát i samotná struktura tuh – v rámci výzkumu byl položen e-mailový dotaz výrobci tuh, zda by neznal příčiny odchylek při měření na základě struktury tuh. Výrobce odepsal, že mohla být struktura grafitových tuh narušena např. různými aditivy, smáčedly, konzervanty apod., které se při výrobním procesu do tuh přidávají. Rovněž by odchylky mohla způsobovat různá granulometrie použitého grafitu, nebo různá ložiska použitého jílu a grafitu, které se průřezem různých gradací mění. Na závěr se pak tuhy impregnují a mastné složky při impregnaci by mohly mít také vliv na výsledné elektrické vlastnosti. Výsledek se mohl lišit i díky odlišné metodě měření. Jak řečeno, článek měřil el. vlastnosti tuhy (konkrétně vodivost) díky procházejícímu el. proudu a měřil jen tuhy o totožném průměru (autor uvádí poloměr 1 mm, což odpovídá tenkým tuhám, se kterými pracujeme v rámci kalibračních tuh).

5.3 NÁVRH NA ÚPRAVU LABORATORNÍ PRÁCE

Vzhledem k odlišnosti od teorie od měření lze navrhnout zadání jinak. Žáci by například mohli znát druh tuh (tedy 4B a 6B), ovšem po tom, co by jim vyšly hodnoty, které k daným tuhám nesedí, by bylo už na skupinkách samotných, aby vymyslely, čím to je. V rámci tohoto

přístupu by byla opět vhodná výše zmíněná hodina na shrnutí výsledků, kde by žáci prezentovali svoje nápady proč se jejich měření liší od teorie. Opět by mohlo dojít k problematickému nahlížení na věc, vědeckému uvažování (kdy se většinou nepovede vše dokonale v souladu s teorií a je tedy nutno bádát, kde došlo k chybě) a celkovému prohloubení znalostí a dost možná zvýšení motivace k přírodním vědám skrze bádání.

Laboratorní práce by se dala pojmout i podobným způsobem, jak byla navržena – tedy že máme kalibrační tuhy, pomocí kterých určíme tuhy neznámé. V našem případě byly schválně navrženy tuhy neznámé o jiných rozměrech, aby výsledek nešel usoudit pouze díky hodnotě naměřeného odporu, ale díky hodnotě rezistivity, kterou žáci museli vypočítat. Ovšem díky zejména přechodovým odporům tlustších tuh bohužel nelze s přesností určit takové tuhy. Řešením tohoto problému by bylo, kdybychom měli tuhy o stejných rozměrech (tedy měřili bychom pouze tenké tuhy, kde se dá spolehlivě použít klasický vzorec pro výpočet odporu a nehrají velkou roli přechodové odpory).

5.4 SHRNU TÍ

Z pozorovaných výsledků lze usoudit, že úloha o měření grafitových tyčí je vhodnější pro vyšší gymnázium, jelikož žáci si musí propojit několik konceptů – průměr a průřez, Ohmův zákon, jak závisí rezistivita na podílu grafitu v tuze.

Pokud by se tato úloha měla aplikovat na nižším gymnáziu (v našem případě v kvartě), bylo by dobré třídu na cvičení připravit předem (např. v rámci krátkého desetiminutového opakování).

Rovněž by určitě bylo vhodné mít separátní hodinu (nebo aspoň větší část hodiny), kde by se mohly rozebrat výsledky měření. Hodina by šla vést formou řízené diskuze. Tedy zeptat se žáků, jak měřili dané veličiny a diskutovat, jak lze měření zpřesnit, kde byly nejčastější problémy a jak poté interpretovat výsledky. Popřípadě jak správně shrnout měření, vzhledem k hodnotám, které neodpovídají docela teorii a snažit se přijít na to proč. Cílem této shrnovací hodiny by bylo prohloubení znalostí žáků – žáci by uměli vysvětlit závislost grafitu na rezistivitě, správné měření mikrometrem, důležitost krokosvork, apod.

6 ZÁVĚR

Tato laboratorní práce se zabývala školními měřicími systémy a badatelsky orientovanou výukou. Konkrétně byly zohledněny nejvíce užívané školní měřicí systémy a analyzovány úlohy, které jsou veřejně dostupné na webech výrobců. V rámci výzkumu pak práce zahrnovala dotazníkové šetření, které se zaměřovalo na pedagogy fyziky na gymnáziích. V posledních kapitolách byly navrženy laboratorní úlohy, které lze měřit pomocí jednoduchých pomůcek, které jsou běžně dostupné buď přímo na školách nebo v obchodech, přičemž byla jedna ověřena.

V rámci práce bylo zjištěno, že badatelsky orientovaná výuka je kontroverzním tématem. Na jedné straně učitelé uvádějí její kladné stránky (žáci rozvíjí své kompetence, kognici a metakognici apod.), ale rovněž uvádějí, že badatelské aktivity mnohdy zabírají až přespříliš času, který se v natěsnaných osnovách hledá jen těžko. Rovněž zaznělo, že badatelství oslovuje jen menší skupiny zainteresovaných žáků do předmětů a zbytek k badatelství má lhostejný až záporný přístup.

Rovněž ale badatelství současně podporuje tzv. *deep learning*, které pak má za následek, že žák lépe porozumí tématice a dokáže si problém zasadit do širších souvislostí. Tento proces může mít kladný vliv na žákovu motivaci k danému předmětu. Vzhledem k upadajícímu zájmu o přírodovědná studia v posledních letech se tedy může jevit zasazování badatelsky orientovaných aktivit jako jeden z možných pilířů při snaze nadchnout žáky do dalšího studia přírodních věd.

SEZNAM LITERATURY

- Bell, S. (2010). Project-based learning for the 21st century: Skills for the future. *The clearing house*, 83(2), 39-43. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/00098650903505415?needAccess=true> (citováno 7.5. 2024)
- Buck, L. B., Bretz, S. L., & Towns, M. H. (2008). Characterizing the level of inquiry in the undergraduate laboratory. *Journal of college science teaching*, 38(1), 52-58. Dostupné z: <https://www.chem.purdue.edu/towns/Towns%20Publications/Bruck%20Bretz%20Towns%202008.pdf> (citováno 7.5. 2024)
- Cébron, D., Viroulet, S., Vidal, J., Masson, J. P., & Viroulet, P. (2017). Experimental and theoretical study of magnetohydrodynamic ship models. *PloS one*, 12(6), e0178599. Dostupné z: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0178599> (citováno 13.5. 2024)
- Cervera, J., Schiedt, B., Neumann, R., Mafé, S., & Ramírez, P. (2006). Ionic conduction, rectification, and selectivity in single conical nanopores. *The Journal of chemical physics*, 124(10). Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/7236792_Ionic_conduction_rectification_and_selectivity_in_single_conical_nanopores (citováno 13.5. 2024)
- Černý, J. (n.d.). Pasco – učitelská příručka. Dostupné z: <https://edugrant.cz/wp-content/uploads/2021/04/Vystup-Navody-na-pokusy-s-PASCO.pdf> (citováno 13.5. 2024)
- Dostál, J. (2015). Badatelsky orientovaná výuka. *Pojetí, podstata, význam a přínosy*. (citováno 7.5. 2024)
- Gürgünoğlu, D. (2015). *Electrical conductivities of different grade lead pencil graphite* (Doctoral dissertation, TED Ankara Koleji). Dostupné z: <https://core.ac.uk/download/pdf/31198157.pdf> (citováno 13.5. 2024)
- Herron, M. D. (1971). The nature of scientific enquiry. *The school review*, 79(2), 171-212.
- Kodejška, Č., De Nunzio, G., Kubínek, R., & Říha, J. (2015). Low cost alternatives to commercial lab kits for physics experiments. *Physics Education*, 50(5), 597. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/281707107_Low_cost_alternatives_to_commercial_lab_kits_for_physics_experiments (citováno 13.5. 2024)
- Le Boniec, M., Gras-Velázquez, À., & Joyce, A. (2011). Impact of data loggers on science teaching and learning. *Brussels: European Schoolnet*. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Alexa-Joyce/publication/284168227_Impact_of_data_loggers_on_science_teaching_and_learning/links/564d900308aefe619b0dfd63/Impact-of-data-loggers-on-science-teaching-and-learning.pdf (citováno 7.5. 2024)

Linn, M. C., & Songer, N. B. (1991). Teaching thermodynamics to middle school students: What are appropriate cognitive demands? *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (10), 885-918. Dostupné z:

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/51240699/Teaching_thermodynamics_to_middle_school20170107-14023-1pfx1hf-libre.pdf?1483840446=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DTeaching_thermodynamics_to_middle_school.pdf&Expires=1715253989&Signature=A7jcvbE5j4rcOrpeopz9sZv8CYs8bu4TveFvVvXov775Az2aLEXelq0evgttkDr8Q6qBP3YWtV25UGp8RJeAUqEjh4LjHqdhanzchANx~0XJXxobUFD0bp30a5xbS6yimmSUGlL5~njUkFdsi~sHgM5K0cMY2TuRwHAc9fXCpjMsPokDGzH4BSrQQTHCqMYhkvPPLVTAmyEbcDoC4hb9aQSNnduT2DyN2ozlgZlmewakmyx1sYF082-hMUWaSOcanc2Dq~899nJHfnKYKkjdt4k-QL6xZTn2fRhzh87Iq7gfRqf9PQcBIglb-TSmpuHlmlkRB6TztwSVQyD8URrtJw_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA (citováno 13.5. 2024)

Maňák, J., & Švec, V. (2003). *Výukové metody*. Brno: Paido. (citováno 7.5. 2024)

Papáček, M. (2010). Limity a šance zavádění badatelsky orientovaného vyučování přírodopisu a biologie v České republice. *Didaktika biologie v České republice 2010 a badatelsky orientované vyučování (DiBi 2010)*. Sborník příspěvků semináře, 25. a 26. března 2010, Pedagogická fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, s. 145-162. Dostupné z: <https://old.pf.jcu.cz/structure/departments/kbi/wp-content/uploads/2018/11/DiBi2010.pdf> (citováno 7.5. 2024)

Petr, J. (2010) Biologická olympiáda – inspirace pro badatelsky orientované vyučování přírodopisu a jeho didaktiku. In Papáček, M. (ed.). *Didaktika biologie v České republice 2010 a badatelsky orientované vyučování (DiBi 2010)*. Sborník příspěvků semináře, 25. a 26. března 2010, Pedagogická fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, s. 136–144. Dostupné z: <https://old.pf.jcu.cz/structure/departments/kbi/wp-content/uploads/2018/11/DiBi2010.pdf> (citováno 7.5. 2024)

Price, E. L. (2017). *The Use of ProBeware to Improve Learning Outcomes in Middle School Science: A Mixed Methods Case Study* (Doctoral dissertation, Gwynedd Mercy University). Dostupné z: <https://www.proquest.com/docview/1952261937?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true&sourcetype=Dissertations%20&%20Theses> (citováno 7.5. 2024)

Rahmi, Y. L., Alberida, H., & Astuti, M. Y. (2019, October). Enhancing students' critical thinking skills through inquiry-based learning model. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1317, No. 1, p. 012193). IOP Publishing. Dostupné z: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1317/1/012193/pdf> (citováno 13.5. 2024)

Rao, S. M., & Thyagaraj, T. (2007). Role of direction of salt migration on the swelling behaviour of compacted clays. *Applied Clay Science*, 38(1-2), 113-129. Dostupné z: <http://ve5kj6kj8s.scholar.serialssolutions.com/?sid=google&aunit=SM&aualast=Rao&atitle=Role+of+direction+of+salt+migration+on+the+swelling+behaviour+of+compacted+clays&id=doi:10.1016/j.clay.2007.02.005&title=Applied+clay+science&volume=38&issue=1-2&date=2007&page=113&issn=0169-1317> (citováno 7.5. 2024)

Reisenhofer, M. P. (2006). A comparative analysis of three manufacturers of science probeware for the classroom. Dostupné z: <https://scholarworks.lib.csusb.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4071&context=etd-project> (citováno 13.5. 2024)

Schwab, J. J. (1958). The teaching of science as inquiry. *Bulletin of the Atomic Scientists*, 14(9), 374-379.

Šmejkal, P. (2019). Vybrané aspekty zavádění školních měřících systémů do výuky přírodovědných předmětů se zaměřením na chemii. Dostupné z: [10_Habilitacni_prace_Petr_Smejkal_Text_FF_.pdf\(cuni.cz\)](10_Habilitacni_prace_Petr_Smejkal_Text_FF_.pdf(cuni.cz)) (citováno 13.5. 2024)

Tan, K. C. D., Hedberg, J. G., Koh, T. S., & Seah, W. C. (2005). Dataloggers and inquiry science. Dostupné z: https://www.academia.edu/download/39541842/Dataloggers_and_Inquiry_Science_20151029-7255-lnuwx2.pdf (citováno 13.5. 2024)

Tinker, R. (2000). A history of probeware. *The Concord Consortium*. [online] https://concord.org/sites/default/files/pdf/probeware_history.pdf. (citováno 7.5. 2024)

Thornton, R. K. (2008). Effective learning environments for computer supported instruction in the physics classroom and laboratory. In *Connecting research in physics education with teacher education*, Sec. D). Retrieved from <https://web.phys.ksu.edu/icpe/publications/teach2/index.html> (citováno 7.5. 2024)

Trumper, R. (2003). The Physics Laboratory – A Historical Overview and Future Perspectives. *Science & Education*, 12(7), 645–670. <https://doi.org/10.1023/A:1025692409001> (citováno 7.5. 2024)

VERNIER. *What the Research Says About the Value of Probeware for Science Instruction*. Online. 2012. Dostupné z: [What the Research Says About the Value of Probeware for Science Instruction](https://www.vernier.com/resources/white-papers/what-the-research-says-about-the-value-of-probeware-for-science-instruction). [cit. 2024-05-13].

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek 1: Graf průběhu měření (převzato z oficiálních stránek ISES - https://www.ises.info/old-site/index.php?s=ela&f=lu205)	16
Obrázek 2: Tabulka s naměřenými hodnotami (převzato z https://www.ises.info/old-site/index.php?s=ela&f=lu205)	16
Obrázek 3: Závislost doby otáčky na napětí (převzato z https://www.ises.info/old-site/index.php?s=ela&f=lu205)	16
Obrázek 4: Graf z měření na optické závoře (převzato z https://www.ises.info/old-site/index.php?s=ela&f=lu203)	18
Obrázek 5: Naměřené výsledky (převzato z https://www.ises.info/old-site/index.php?s=ela&f=lu203)	18
Obrázek 6: Složitější a vlastní kombinace rezistorů (převzato z https://www.ises.info/old-site/index.php?s=ela&f=lu03)	20
Obrázek 7: Odpor samostatných rezistorů (převzato z https://www.ises.info/old-site/index.php?s=ela&f=lu03)	20
Obrázek 8: Základní kombinace rezistorů (převzato z https://www.ises.info/old-site/index.php?s=ela&f=lu03)	20
Obrázek 9: Naměřené výsledky (převzato z https://www.ises.info/old-site/index.php?s=ela&f=lu03)	21
Obrázek 10: Závislost elektrod na napětí (převzato z https://edugrant.cz/wp-content/uploads/2021/04/Vystup-Navody-na-pokusy-s-PASCO.pdf)	27
Obrázek 11: Možné zapojení citronové baterie (převzato z https://edugrant.cz/wp-content/uploads/2021/04/Vystup-Navody-na-pokusy-s-PASCO.pdf)	27
Obrázek 12: Graf znázorňující průběh síly (převzato z https://edugrant.cz/wp-content/uploads/2021/04/Vystup-Navody-na-pokusy-s-PASCO.pdf)	29
Obrázek 13: Přiblížení grafu znázorňujícího průběh rychlosti (převzato z https://edugrant.cz/wp-content/uploads/2021/04/Vystup-Navody-na-pokusy-s-PASCO.pdf)	29
Obrázek 14: Vliv příměsí na teplotu tání/varu vody (převzato z https://edugrant.cz/wp-content/uploads/2021/04/Vystup-Navody-na-pokusy-s-PASCO.pdf)	31
Obrázek 15: Graf závislosti síly na čase (převzato z https://www.vernier.cz/experimenty/kucharka/index.php)	34
Obrázek 16: Graf závislosti síly na čase (převzato z https://www.vernier.cz/experimenty/kucharka/index.php)	36
Obrázek 17: Graf závislosti síly na čase (převzato z https://www.vernier.cz/experimenty/kucharka/index.php)	37
Obrázek 18: 1. otázka dotazníku	43
Obrázek 19: 2. otázka dotazníku	44
Obrázek 20: 3. otázka dotazníku	44
Obrázek 21: 4. otázka dotazníku	45
Obrázek 22: 5. otázka dotazníku	45
Obrázek 23: 6. otázka dotazníku	46
Obrázek 24: 7. otázka dotazníku	46
Obrázek 25: 8. otázka dotazníku	47
Obrázek 26: 9. otázka dotazníku	47
Obrázek 27: 10. otázka dotazníku	48

Obrázek 28: 11. otázka dotazníku	48
Obrázek 29: 12. otázka dotazníku	49
Obrázek 30: Závislost vodivosti na koncentraci NaCl (převzato z https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0178599&type=printable)	59
Obrázek 31 Závislost vodivosti na koncentraci NaCl (převzato z http://ve5kj6kj8s.scholar.serialssolutions.com/?sid=google&auinit=SM&aulast=Rao&atitle=Role+of+direction+of+salt+migration+on+the+swelling+behaviour+of+compacted+clays&id=doi:10.1016/j.clay.2007.02.005)	59
Obrázek 32: Závislost vodivosti na koncentraci NaCl (převzato z https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0178599&type=printable)	63
Obrázek 33: Závislost vodivosti na koncentraci NaCl (převzato z http://ve5kj6kj8s.scholar.serialssolutions.com/?sid=google&auinit=SM&aulast=Rao&atitle=Role+of+direction+of+salt+migration+on+the+swelling+behaviour+of+compacted+clays&id=doi:10.1016/j.clay.2007.02.00)	63
Obrázek 34: Analogie grafitové cesty	69
Tabulka 1: Rozdíl mezi povrchovým a hloubkovým učením.....	8
Tabulka 2: Kvantitativní posouzení úloh z hlediska badatelství pro ISES	22
Tabulka 3: Kvantitativní posouzení úloh z hlediska badatelství pro Pasco	32
Tabulka 4: Kvantitativní posouzení úloh z hlediska badatelství pro Vernier.....	39
Tabulka 5: Naměřené hodnoty el. proudu při různé koncentraci NaCl.....	61