



Pedagogická
fakulta
Faculty
of Education

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Pedagogická fakulta
Katedra aplikované fyziky a techniky

Diplomová práce

Inovované historické pokusy

Vypracoval: Bc. Petr Hanzal

Vedoucí práce: Mgr. Vladimír Vochozka, Ph.D.

České Budějovice 2022

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval(a) pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne 23. června 2022

Petr Hanzal

Poděkování

Děkuji vedoucímu práce Mgr. Vladimírovi Vochozkovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky. Vedoucímu práce děkuji rovněž za asistenci při prvotním provádění pokusů.

Děkuji za možnost ověřit pokusy v rámci setkání Elixír do škol, Dalšího vzdělávání učitelů fyziky (KAFT PF JU v ČB) a místní akční skupiny Tábořsko.

Anotace

Cílem práce je inovovat historické pokusy tak, aby byly použitelné v běžných hodinách fyziky na základních školách. V teoretické části je provedená rešerše a analýza výskytu historických pokusů v kurikulárních dokumentech a nejrozšířenějších učebnicích. V praktické části je popsáno šest historických pokusů a k nim je navrženo alternativní inovované provedení s běžně dostupnými pomůckami. Každý pokus je na základě ověření v praxi proveditelný v hodině fyziky. Součástí každého pokusu je postup, jak daný pokus provést v hodině. Všechny navržené pokusy byly ověřeny před odbornou veřejností zabývající se výukou fyziky.

Klíčová slova: historický pokus, fyzika, experiment

Abstract

The aim of this work is to innovate historical experiments so that they can be used in ordinary physics classes in primary schools. In the theoretical part is performed a research and analysis of the occurrence of historical experiments in curricular documents and in the 18 most widespread textbooks, published by Fraus, SPN, Prometheus and the Creative School. The practical part describes 6 historical experiments, together with a proposal of an alternative innovated execution with commonly available tools. Each experiment includes a procedure for performing the experiment in class.

All proposed experiments were verified by professional circles dealing with the teaching of physics using qualitative research. Semi-structured interviews were conducted with the participants, followed by a questionnaire survey. The verification took place at 5 events, which were attended by teachers from the South Bohemian Region. A total of 29 experts took part in the event. The teachers tried some of the experiments themselves, some of them were demonstrated. In the 1st phase of verification, interviews with teachers took place. A questionnaire survey was conducted after a series of interviews. The verification results were reflected in the individual experiments. Based on the verification of the survey results, it can be stated that each experiment is feasible in physics classes and is suitable for implementation in teaching.

Key words: historical experiment, physics, experiment

Obsah

1	Úvod	6
2	Teoretická část.....	7
2.1	Fyzikální experiment ve výuce fyziky	7
2.2	Analýza výskytu historických pokusů v RVP pro ZV předmětu fyzika.....	9
2.3	Analýza výskytu historických pokusů v současných učebnicích fyziky	11
2.4	Pedagogický výzkum	15
3	Praktická část.....	17
3.1	Faradayův elektromotor	17
3.2	Anomálie vody (Hopeho experiment).....	34
3.3	Potápěčský zvon.....	45
3.4	Objev infračerveného záření	50
3.5	Měření rychlosti zvuku	59
3.6	Magdeburské polokoule	68
4	Experimentální část	72
4.1	Předvýzkum.....	72
4.2	Výzkum	77
5	Závěr.....	86
	Seznam použité literatury a zdrojů	87
	Přílohy.....	91

1 Úvod

Experiment je součástí lidské cesty za poznáním již od dávné minulosti. Experiment lze najít i za řadou významných fyzikálních objevů. Fyzikové provádějí experimenty, aby pomocí nich vysvětlili nové poznatky a potvrdili své teorie.

Experiment (pokus) je nedílnou součástí výuky fyziky na základních školách. Pokusy provádí žáci i vyučující. Pokus by měl žákům usnadnit zvládnutí učiva a umožnit jim hlubší porozumění probíranému tématu.

Cílem této práce je vyhledat v kurikulárních dokumentech a v běžně používaných učebnicích fyziky experimenty, které mají významnou historickou hodnotu (historické pokusy), následně tyto pokusy inovovat tak, aby byly proveditelné v současné době s běžně dostupnými pomůckami v hodině fyziky.

V teoretické části práce bude provedena analýza výskytu historických pokusů v kurikulárních dokumentech (RVP). Analyzovány budou i učebnice fyziky pro základní školu od několika nakladatelství.

V praktické části budou představeny jednotlivé pokusy. Součástí každého pokusu bude jeho historický popis a fyzikální teorie potřebná k porozumění danému pokusu. U každého budou navrženy nové pomůcky pro jeho provedení v hodině fyziky včetně rozpočtu na výrobu pomůcek. Dále bude každý pokus obsahovat podrobný návod jak daný pokus provést v hodině. Pokud se bude jednat o pokus, během kterého budou získána kvantitativní data, budou součástí pokusu i vzorová data.

Součástí experimentální části bude popis ověření jednotlivých pokusů před odbornou veřejností. Budou zde uvedeny výsledky ověřování a případné úpravy jednotlivých pokusů.

2 Teoretická část

2.1 Fyzikální experiment ve výuce fyziky

V didaktice fyziky je fyzikální experiment definován jako dvojí proces, v němž se spojuje fyzikální proces s procesem myšlení a poznání [1]. Fyzikální experimenty neboli pokusy jsou umělé děje, které fyzik navozuje v laboratoři za účelem napodobení dějů přírodních. Při tomto ději musí být zajištěny podmínky, jež jsou nezbytné pro jeho průběh. Je důležité, aby tyto podmínky mohly být zachovány při opakování pokusu [2].

Janás popisuje fyzikální pokus ve vyučování jako upravený fyzikální experiment s určitým záměrem. Tento pokus by měl sloužit učiteli jako prostředek řízení myšlenkových operací žáků a jejich pronikání do logické stavby učiva [1].

Fyzikální experimenty se člení do několika kategorií.

Heuristický pokus

Pokud je cílem pokusu objasnit dosud neznámou okolnost, jedná se o pokus heuristický. Heuristický pokus má své místo i ve výuce fyziky. Například v situaci, v níž učitel nebo žák objevuje nové poznatky [2].

Ověřovací pokus

Pokus ověřovací je využíván kupříkladu k ověření fyzikálního zákona, jenž byl objeven deduktivně. Ve výuce může být použit k ověření již vyložené látky [2].

Demonstrační pokus

Jako demonstrační pokus je označován pokus, jenž je navozený za určitých podmínek a je využíván k výkladu nebo objasnění nových poznatků. Mezi demonstrační pokusy se řadí pokusy prováděné učitelem, ale i frontální pokusy prováděné žáky při výkladu nového učiva [2]. Při správném pozorování tohoto pokusu si žáci utváří představy o studovaných jevech a získávají smyslové vjemy, jež jsou základem mnohých fyzikálních pojmů [1].

Mezi výhody demonstračních pokusů lze zařadit následující.

- Demonstrační pokusy mohou žákům pomoci s osvojováním si určitých algoritmů.
- Správně provedený demonstrační pokus může být pro žáky vzorem při laboratorní práci.
- Použití demonstračního pokusu je výhodné, jestliže je nutné využití drahých pomůcek, nebo v případě hrozícího nebezpečí žákům [1].

Jako nevýhody demonstračních pokusů jsou uváděny.

- Žáci nejsou ve styku s experimentálním materiálem.
- Není zajištěna aktivita všech žáků [1].

Demonstrační pokusy lze podle didaktické funkce rozdělit na tyto skupiny:

- heuristické (objevitelské);
- ověřovací (verifikační);
- motivující učivo;
- ilustrační (expoziční);
- uvádějící fyzikální problém;
- aplikační (použitelné v praxi);
- historické;
- opakující a prohlubující (fixační);

- kontrolní (diagnostické) [3].

Mezi těmito skupinami jsou přechodné typy. Jeden pokus může mít v jednom případě heuristickou funkci a v případě druhém funkci ověřovací. Vždy záleží na rozhodnutí učitele. Daný pokus může být v rámci jedné hodiny předvedený dvakrát. Na počátku hodiny jako motivační a při výkladu jako aplikační [3].

Vzhledem k tématu této práce nebudou popsány všechny kategorie. Popsán bude pouze pokus historický.

2.1.1 Historický pokus

Mezi historické pokusy řadíme pokusy, které mají historickou hodnotu (objev fyzikálního zákona), nebo pokusy, které znamenaly pokrok v historii fyziky pro rozvoj fyzikálního myšlení a fyziky jako vědy [3]. Náleží sem například pokus o pohybu na nakloněné rovině (Galileův padostroj), Torricelliho pokus o atmosférickém tlaku, pokus s Magdeburskými polokoulemi dokazující existenci atmosférického tlaku, nebo Oerstedův pokus prokazující existenci magnetického pole v okolí vodiče s elektrickým proudem [2; 3].

Historické pokusy mohou mít v učivu současné školské fyziky významné místo. Mohou být využity k heuristickému vyvození nových poznatků [2]. Učitel se při tom opírá o historické poznámky uvedené v učebnicích a dostupné literatuře [3]. Při předvádění pokusu učitel nesmí zapomínat na výklad o významu pokusu pro pokrok ve fyzice nebo ve vývoji myšlení lidstva [2].

Řada historických pokusů je proveditelná ve školním prostředí s běžně dostupnými pomůckami. Plní funkci heuristickou nebo verifikační [2].

2.1.2 Didaktické požadavky na demonstrační pokus

Jestliže má být dosaženo cíle, který od pokusu očekáváme, je zapotřebí zachovat určité didaktické požadavky [3].

1. Pokus má být organickou součástí vyučovacího procesu, má se provádět v době, kdy je výsledek optimální. Pokusy by se neměly odkládat na další hodinu, nebo je kumulovat do jedné hodiny.
2. Pokus má být připraven tak, aby byl pochopitelný, názorný, jednoduchý a přesvědčivý. Pokud se jedná o složitý pokus, je nutné ho rozdělit na dílčí kroky. Žáci musí mít přehled o celkovém průběhu pokusu.
3. Pro rychle probíhající děje je nutné pokus opakovat.
4. Žák se má pokusu aktivně účastnit a má být motivován.
5. Vyučovací hodina nemá být přeplněna vysokým počtem různorodých pokusů.
6. Každý pokus má být doprovázen obrázkem, náčrtem nebo schématem. Náčrt soustavy potřebný pro pokus provádí učitel na tabuli, nebo ho u složitějších schémat promítá. Učitel musí žáky informovat o souvislosti náčrtu s pokusem [3].

2.1.3 Technika přípravy demonstračních pokusů

Na provádění pokusů musí být učitel dobře připravený. Nezbytná je připravenost fyzikálně odborná i didaktická. Významná je také připravenost technická. Je nutné mít přehled o stavu přístrojů a pomůcek. Případné závady je nutné odstraňovat [3].

Řádná technická připravenost je významným předpokladem zdárného průběhu pokusu.

1. Veškeré pokusy by měly být učitelem předem připraveny a vyzkoušeny.
2. Pokus by měl být připraven nejpozději den před jeho využitím ve vyučovací hodině.
3. Před hodinou je vhodné se namátkově přesvědčit o funkčnosti pokusu.

4. O každém připravovaném pokusu by měl učitel vyhotovit záznam do kartotéky pokusů [3].

2.2 Analýza výskytu historických pokusů v RVP pro ZV předmětu fyzika

Pojem rámcový vzdělávací program (RVP) vymezuje školský zákon.

Rámcový vzdělávací program stanovuje konkrétní cíle, formu, délku a povinný obsah vzdělávání. Stanovuje také podmínky pro vzdělávání žáka se specifickými vzdělávacími potřebami. RVP pro základní vzdělávání dále stanovuje členění obsahu vzdělávání podle jednotlivých ročníků nebo období [4].

Vzdělávací obsah je rozdělen do devíti vzdělávacích oblastí. Všechny oblasti jsou tvořeny jedním nebo více podobnými obory [5].

Školní předmět fyzika je zařazený do vzdělávací oblasti *Člověk a příroda*. Vyjma fyziky tato oblast obsahuje předměty *chemie, přírodopis a zeměpis* [5].

V RVP školního předmětu fyzika není přímo zmíněný žádný historický pokus. Historické pokusy lze však spojit s téměř všemi tematickými celky.

Látky a těleso

Očekávaný výstup: „*uvede konkrétní příklady jevů dokazujících, že se částice látek neustále pohybují a vzájemně na sebe působí*“ [5]. Tato problematika se dá demonstrovat pomocí pokusu, jenž provedl skotský botanik **Robert Brown** v roce 1827. Tento botanik zpozoroval pod mikroskopem pohyb pylových zrněk v kapce vody [6].

Pohyb těles, síly

Očekávaný výstup: „*aplikuje poznatky o otáčivých účincích síly při řešení praktických problémů*“ [5]. Otáčivé účinky síly můžeme demonstrovat pomocí jednoduchých strojů. Jednoduchým stojem je například páka. Její vlastnosti pochopil starořecký vědec **Archimédes**. Zjistil, že sílu je možné snižovat prodlužováním ramene. Údajně prohlásil: „*Dejte mi pevný bod a já pohnu zemí*“ [7].

Mechanické vlastnosti tekutin

Očekávaný výstup: „*využívá poznatky o zákonitostech tlaku v klidných tekutinách pro řešení konkrétních praktických problémů*“ [5]. K danému výstupu je možné zařadit pokus provedený **Blaiseem Pascalem**. Tento francouzský fyzik roztrhl dřevěný sud pomocí hydrostatického tlaku [6].

Součástí tohoto tematického celku je také učivo týkající se souvislosti atmosférického tlaku s některými procesy v atmosféře [5]. Zde může být využit pokus **Otta von Guericka** s Magdeburskými polokoulemi, nebo Torricelliho pokus, **Evangelista Torricelli** [6].

Další důležitou součástí učiva je Archimédův zákon. Zde je možné využít Archimédův pokus [6].

Elektromagnetické a světelné děje

Očekávaný výstup: „*využívá Ohmův zákon pro část obvodu při řešení praktických problémů*“ [5]. Ohmův zákon můžeme demonstrovat podobně jako německý fyzik **Georg Simon Ohm**. Tento fyzik demonstroval elektrický odpor jako analogii hadice s vodou [8].

Součástí učiva daného bloku je elektrický obvod [5]. V tomto učivu je možné využít pokus, jenž vedl k objevu prvního elektrického článku. Jeho objevitelem je **Alessandro Volta** [7].

Očekávaný výstup: „využívá prakticky poznatky o působení magnetického pole na magnet a cívku s proudem a o vlivu změny magnetického pole v okolí cívky na vznik indukovaného napětí v ní“ [5]. Změny magnetického pole v okolí cívky a vznik elektromagnetického pole v ní, můžeme demonstrovat pomocí pokusů, jež prováděl anglický fyzik a chemik **Michael Faraday**. Silové působení vodiče s proudem na magnetku můžeme demonstrovat pomocí pokusu který uskutečnil dánský fyzik **Hans Christian Ørsted** [8].

Součástí učiva v této oblasti mohou být i elektromagnetické vlny. Existence těchto vln vyplynula z rovnic, které odvodil skotský fyzik **James Clerk Maxwell**. Experimentálně potvrdil šíření těchto vln **Heinrich Hertz** [9].

Očekávaný výstup: „rozliší vodič, izolant a polovodič na základě analýzy jejich vlastností“ [5]. Nosiče elektrického náboje v pevných látkách bylo možné stanovit díky výzkumu **Josepha Johna Thomsona**. Tento vědec prováděl výzkum katodových paprsků [9].

Očekávaný výstup: „využívá zákona o přímočarém šíření světla ve stejnorodém optickém prostředí a zákona odrazu světla při řešení problémů a úloh“ [5]. Pro demonstraci odrazu a lomu je možné napodobit dva historické pokusy. První provedl starořecký fyzik **Archimédes**, který údajně zapálil nepřátelské lodě pomocí slunečních paprsků, jež se odrážely od vojenských štítů. Druhým pokusem je pokus anglického fyzika **Isaaca Newtona**, jenž sestavil dalekohled za pomoci kulového zrcadla [6]. Dalším uskutečnitelným pokusem je rozklad světla na barevné spektrum pomocí optického hranolu [10].

Energie

Očekávaný výstup: „využívá poznatky o vzájemných přeměnách různých forem energie a jejich přenosu při řešení konkrétních problémů a úloh“ [5]. U tohoto výstupu lze využít pokus anglického fyzika **Jamesa Prescottta Joulea**. Tento fyzik provedl pokus, při němž dokázal přeměnit mechanickou energii na teplo [11].

Součástí tohoto tematického celku je i učivo jaderná energie a ochrana lidí před radioaktivním zářením. Přirozenou radioaktivitu objevil **Henri Becquerel**, který postupně ozařoval různé předměty a pozoroval, jak ve tmě světélkují. Na jeho práci navázali **Pierre Curie** se svou manželkou **Marii Curie-Sklodovskou**. Tito manželé pro své experimenty využili smolinec z českého Jáchymova [11].

Do tematického celku je rovněž zařazeno učivo zaměřené na přeměny skupenství [5]. V tomto učivu je možné využít objev francouzského lékaře **Denise Papina**. Tento lékař vynalezl tlakový hrnec, v němž se voda vaří při vyšším tlaku, s tím i při vyšší teplotě, což způsobí kratší dobu přípravy pokrmů [7].

Zvukové děje

Očekávaný výstup: „rozpozná ve svém okolí zdroje zvuku a kvalitativně analyzuje příhodnost daného prostředí pro šíření zvuku“ [5]. Šíření zvuku, jeho odraz a ozvěnu můžeme dobře pozorovat v historických stavbách, například kostelech. Zde se zvuk odráží od stěn, až dorazí k posluchači, který může být od zdroje zvuku daleko, a přesto zvuk slyší dobře. Příkladem takových staveb jsou: katedrála sv. Pavla v Londýně nebo památník bitvy tří císařů u Slavkova. Rychlost šíření zvuku poprvé změřil **Marin Mersenne**, jenž ze vzdáleného místa sledoval, za jak dlouho k němu doletí zvuk po výstřelu z kanónu [7].

Vesmír

Očekávaný výstup: „objasní (kvalitativně) pomocí poznatků o gravitačních silách pohyb planet kolem Slunce a měsíců planet kolem planet“ [5]. Pro objasnění uspořádání sluneční

soustavy bylo nutné provést mnoho astronomických pozorování. Nejpresnější pozorování uskutečnil dánský astronom **Tycho Brahe**. Spolupracoval s českým astronomem **Tadeášem Hájkem z Hájku** [9]. Rotaci země experimentálně dokázal francouzský fyzik **Léon Jean Foucault** roku 1851 v pařížském Pantheonu [12].

2.3 Analýza výskytu historických pokusů v současných učebnicích fyziky

Z předchozí kapitoly vyplývá, že historické pokusy sice nejsou přímo zmíněné v RVP, ale jsou pevně spojeny s fyzikálními zákony a fyzikou samotnou. Zároveň lze konstatovat, že jsou i často součástí učebnic fyziky pro základní školy.

V této kapitole bude analyzován výskyt jednotlivých pokusů v konkrétních učebnicích fyziky. Analyzovány budou následující sady učebnic:

- Fyzika nová generace: nakladatelství Fraus.
- Fyzika 1–6: nakladatelství SPN.
- Fyzika pro 6.–9. ročník ZŠ: nakladatelství Prométheus.
- Fyzika 1–4: nakladatelství Tvořivá škola.

Učebnice ze sady Fyzika nové generace představují interaktivní učebnice, zatímco učebnice zbylých nakladatelství jsou tradiční tištěné učebnice. Učivo v učebnicích nakladatelství Fraus, Prométheus a Tvořivá škola je členěno cyklicky, je tedy rozděleno do cyklů, které se opakují a rozvíjejí [13]. Učebnice nakladatelství SPN učivo člení lineárně. Při lineárním členění se učivo neopakuje, ale postupuje se stále dál [13].

U učebnic nakladatelství SPN a Fraus se historické pokusy vyskytují v postranní liště, kde jsou uvedeny jako zajímavosti. V učebnicích nakladatelství Fraus jsou některé historické pokusy zmíněné i v úvodních (motivačních) textech jednotlivých kapitol. V učebnicích nakladatelství Prométheus se historické pokusy vyskytují přímo v textu i s historickým popisem, některé jsou pouze zmíněné v částech věnovaných významným fyzikům. Nakladatelství Tvořivá škola nemá sjednocenou strukturu učebnic. Zatímco v učebnici pro šestý ročník se historické pokusy vyskytují přímo v textu učebnice v historických poznámkách, v učebnicích pro sedmý a osmý ročník se absolutně nevyskytují. Jednotlivé pokusy jsou zmíněny pouze v závěru učebnice, v němž je jedna kapitola věnována významným fyzikům a jejich objevům. V závěrečném díle učebnic (Fyzika 4) nejsou označené historické poznámky, ani kapitola o historii. Jednotlivé pokusy jsou zmíněny přímo v textu (radioaktivita, modely atomu).

Výskyt jednotlivých pokusů v konkrétní učebnici je zachycen v tabulkách 1–5.

Tabulka 1

Výskyt historických pokusů v učebnicích fyziky – mechanika

Pokus	Sada učebnic			
	SPN	Fraus	Prometheus	Tvořivá škola
Objev gravitace	ANO	ANO	ANO	ANO
Lodní šroub	ANO	NE	NE	NE
Archimédův pokus	ANO	ANO	ANO	ANO
Toricelliho pokus	ANO	ANO	ANO	ANO
Pascalův pokus	ANO	NE	NE	NE
Potápěčský zvon	ANO	NE	NE	NE

Magdeburské polokoule	ANO	ANO	NE	NE
Boyleův pokus	ANO	NE	NE	NE
Princip létání	ANO	ANO	NE	NE
Rychlost zvuku	NE	ANO	NE	NE
Rotace země	ANO	ANO	NE	NE

Z tabulky 1 vyplývá, že pokusy vedoucí k objevu gravitace jsou zmíněné ve všech čtyřech sadách učebnic. Ve všech učebnicích se vyskytuje i Archimédův i Toricelliho pokus. Pokus s magdeburskými polokoulami, pokus dokazující rotaci planety Země kolem své osy, pokusy s potápěčským zvonem, Boyleův pokus a pokusy vedoucí k objasnění teorie létání, se vyskytují pouze v učebnicích nakladatelství Fraus a SPN. Objev lodního šroubu a Pascalův pokus s dřevěným sudem se vyskytuje pouze v učebnicích nakladatelství SPN. Pokusy vedoucí k určení rychlosti zvuku obsahují učebnice nakladatelství Fraus.

Tabulka 2

Výskyt historických pokusů v učebnicích fyziky – optika

Pokus	Sada učebnic			
	SPN	Fraus	Prometheus	Tvořivá škola
Galileův dalekohled	NE	NE	ANO	ANO
Keplerův dalekohled	NE	NE	ANO	ANO
Newtonův dalekohled	ANO	NE	NE	ANO
Změření rychlosti světla	ANO	NE	NE	NE
Archimédes – zapálení lodí	ANO	NE	NE	NE
Fresnelova čočka	ANO	NE	NE	NE
Kontaktní čočka	ANO	NE	NE	NE
Rozklad světla na spektrum	ANO	ANO	ANO	ANO

Jediným historickým pokusem z optiky, jenž se vyskytuje ve všech čtyřech sadách učebnic, je rozklad světla na spektrum. Objev Keplerova a Galileova dalekohledu je popsán v učebnicích nakladatelství Prometheus a Tvořivá škola. Newtonův dalekohled je zmíněn pouze v učebnicích SPN. Pokus, při kterém údajně Archimédes zapálil nepřátelské lodě pomocí štítů vojáků, je zmíněn jen v učebnicích SPN. Fresnelova čočka a kontaktní čočka je zmíněná jen v učebnicích SPN. Pokus Williama Herschela, při kterém objevil infračervené záření, obsahují učebnice nakladatelství SPN.

Tabulka 3*Výskyt historických pokusů v učebnicích fyziky – elektřina a magnetismus*

Pokus	Sada učebnic			
	SPN	Fraus	Prometheus	Tvořivá škola
Objev kompasu	ANO	ANO	ANO	NE
Galvaniho pokusy	ANO	ANO	NE	ANO
Voltův sloup	ANO	ANO	ANO	ANO
Ampere	ANO	ANO	ANO	ANO
Oerstedův pokus	ANO	ANO	ANO	ANO
Coulombův pokus	ANO	ANO	ANO	ANO
Ohmův pokus	ANO	ANO	ANO	ANO
Faradyovi pokusy	ANO	ANO	ANO	ANO
Guerickova koule	ANO	ANO	NE	NE
Objev bleskosvodu	ANO	ANO	NE	ANO
Objev elektromagnetických vln	NE	ANO	NE	NE

Historické pokusy z elektřiny a magnetismu, zmíněné ve všech čtyřech sadách učebnic, jsou: Voltův sloup, Ampérovy pokusy, Oerstedův pokus, Coulombův pokus, Ohmův pokus a pokusy, jež uskutečnil Michael Faraday. Pokusy se živočišnou elektřinou, které zrealizoval Luigi Galvani, jsou zmíněny v učebnicích SPN, Fraus a Tvořivá škola. Stejně tak objev bleskosvodu. Objev kompasu je zmíněný v učebnicích SPN, Fraus a Prometheus. Pokusy se sírovou koulí provedené Ottem von Guerickem jsou uvedeny v učebnicích Fraus a SPN. Objev elektromagnetických vln je popsán pouze v učebnicích Fraus.

Tabulka 4*Výskyt historických pokusů v učebnicích fyziky – molekulová fyzika a termika*

Pokus	Sada učebnic			
	SPN	Fraus	Prometheus	Tvořivá škola
Brownův pokus	ANO	ANO	ANO	ANO
Jouleův pokus	ANO	ANO	ANO	ANO
Parní stroj	ANO	ANO	ANO	ANO
Tlakový hrnec	ANO	ANO	ANO	NE
Turbíny	ANO	NE	NE	NE
Dewarova nádoba	ANO	NE	NE	NE
Kapalnění plynů	ANO	NE	NE	NE
Anomálie vody	NE	NE	NE	NE
Objev infračerveného záření	ANO	NE	NE	NE

Z oblasti molekulové fyziky a termiky se ve všech čtyřech sadách učebnic nacházejí: Brownův pokus, Jouleův pokus a parní stroj. Papinův tlakový hrnec se vyskytuje v učebnicích SPN, Fraus a Prométheus. Popisy objevu turbíny, Dewarovy nádoby a kapalnění plynů jsou pouze v učebnicích SPN. Pokus dokazující anomálii vody není popsán v žádné učebnici.

Tabulka 5*Výskyt historických pokusů v učebnicích fyziky – atomová a jaderná fyzika*

Pokus	Sada učebnic			
	SPN	Fraus	Prometheus	Tvořivá škola
Rutherfordův pokus	ANO	ANO	ANO	ANO
Becquerelovy pokusy	ANO	ANO	ANO	ANO
Rentgenové záření	ANO	ANO	ANO	ANO
Objev Radia	ANO	ANO	ANO	ANO
Joseph John Thompson – katodové paprsky	ANO	ANO	NE	ANO
Enrico Fermi – jaderný reaktor	ANO	NE	ANO	NE
Mendělejeva periodická soustava	ANO	ANO	NE	NE

Z atomové a jaderné fyziky se ve všech sadách učebnic vyskytuje Rutherfordův a Becquerelův pokus. Ve všech zmíněných sadách učebnic můžeme nalézt popsání objevu radia a Rengenového záření. Objev katodových paprsků a Mendělejevovy periodické soustavy obsahují učebnice SPN a Fraus. Vynalezení jaderného reaktoru zahrnují pouze učebnice SPN a Prométheus.

2.4 Pedagogický výzkum

2.4.1 Kvantitativní výzkum

Kvantitativní výzkum popisuje jevy pomocí proměnných, jež měří určité vlastnosti. Výsledky výzkumu jsou zpracovávány a interpretovány pomocí statistiky [14].

Cílem daného výzkumu je odpovědět na otázky kolik, jak moc, jak často, případně hodnocení na stupnici. Častokrát se jedná o dotazníkové šetření. Tento typ výzkumu bývá jednodušší na vyhodnocení, neboť se využívá především uzavřených odpovědí. Respondenti vybírají z předem připravených možností [15].

2.4.2 Kvalitativní výzkum

Kvalitativní výzkum se oproti kvantitativnímu výzkumu zaměřuje na pochopení problému. Využívá se, pokud je zapotřebí problém pochopit do hloubky [16].

Výzkumník utváří komplexní obraz, analyzuje různé typy textů a informuje o názorech účastníků výzkumu. Výzkum se provádí v přirozených podmínkách [14].

V počáteční fázi výzkumu vybere výzkumník téma, následně určí výzkumné otázky, jež lze modifikovat nebo doplňovat během výzkumu [14].

Posléze sesbírá data, provede jejich analýzu, a na základě výsledku se rozhodne, která data potřebuje. Sběr dat a jejich analýza probíhá v delším časovém intervalu. Oba úkony probíhají současně. Následuje nový sběr dat a jejich analýza. Výzkumník usiluje o integrovaný pohled na předmět studie [14].

Hlavním instrumentem je výzkumník sám. Typy dat v kvalitativním výzkumu zahrnují přepisy poznámek z rozhovorů a pozorování, fotografie, audio a video záznamy, deníky a osobní komentáře. Data se induktivně analyzují a interpretují [14].

Za výhodu kvalitativního výzkumu je považován hloubkový popis problému v přirozeném prostředí [14].

Metody získávání dat

Data kvalitativního výzkumu jsou zjišťovány následujícími metodami:

1. pozorování;
2. rozhovor (interview) [14];
3. dotazník;
4. analýza dokumentů.

Pro jednotlivé fáze výzkumu se doporučuje připravit plán organizace sběru dat a jejich pilotní ověření [14].

Hlavní skupinu metod sběru dat v empirickém výzkumu představuje **kvalitativní dotazování**, jež zahrnuje různé typy rozhovorů, dotazníků a testů. Zaměřeny jsou na naslouchání vyprávění, kladení otázek lidem a získávání odpovědí. Kvalitativní dotazování je charakteristické volnými rozhovory, jejichž struktura není předem daná. Náleží sem i polostrukturované rozhovory [14].

K bližšímu osvětlení interpretace dat získaných pozorováním či jinými typy dotazování se využívá **dotazník**. V kvalitativním výzkumu se nejčastěji používá dotazník s otevřenými otázkami [14].

Rozhovor (interview)

Rozhovor a interview představují rovnocenné pojmy. Rozhovor je v zásadě podobný dotazníku. Stejně jako dotazník má své výhody a nevýhody [14].

Typy rozhovorů

1. Strukturovaný

Jedná se dotazník, který je podáváný respondentům ústně. Používají se předem připravené otázky a volby odpovědí. Jedná se o časově nejméně náročnou metodu [14].

2. Nestrukturovaný

Umožňuje úplnou volnost odpovědí. Může přinést úplně nové a nepředpokládané informace. Jedná se o dialog na určité téma a výzkumník pouze usměrňuje tok rozhovoru. Nevýhodou může být náročnost zpracování výsledků. Výzkumník musí být schopen pohotově a adekvátně reagovat na neočekávané situace [14].

3. Polostrukturovaný

Jedná se o kompromis mezi strukturovaným a nestrukturovaným rozhovorem. Respondentovi jsou nejprve nabídnuty odpovědi a následně je vyzván k doplnění nebo dovysvětlení [14].

Výhody:

- kontakt výzkumníka se zkoumanou osobou;
- umožňuje volnost a pružnost v kladení otázek;
- respondenty lze žádat o dovysvětlení v případě nejasností;
- od respondentů lze získat důvěrné informace;
- je možné sledovat reakce respondenta;
- eliminuje problémy při psaném projevu [14].

Nevýhody:

- časová náročnost;
- obtížnější zaznamenávání odpovědí;
- malý počet respondentů;
- obtížnější vyhodnocení [14].

3 Praktická část

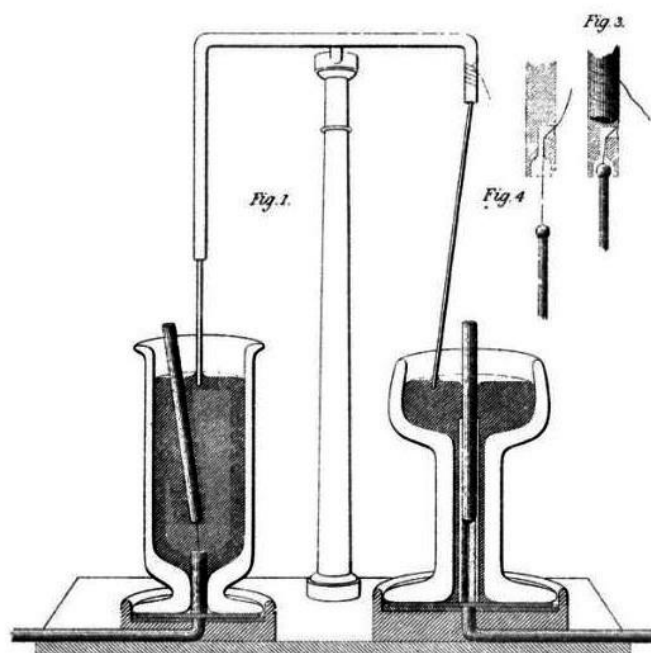
3.1 Faradayův elektromotor

3.1.1 Cíl pokusu

Cílem pokusu je demonstrovat princip fungování elektromotoru.

3.1.2 Historie pokusu

První jednoduchý elektromotor byl sestaven roku 1820 Michaelem Faradayem. Faraday navázal na pokusy dánského fyzika Hanse Christiana Ørstedta, jenž objevil souvislost mezi elektřinou a magnetismem. První elektromotor byl jiný než dnešní elektromotory. Tento motor tvořily dvě nádoby naplněné rtutí. Do jedné z nich zavěsil drát na hák a na její dno umístil tyčový magnet, který přilepil ke dnu voskem. Drát, který hák tvořil, zavěsil do druhé nádoby. Do druhé nádoby umístil volně tyčový magnet. Oba magnety vyčnívaly mírně nad hladinu. Do dna nádobek byl vodiči přiveden elektrický proud z baterie. Po propojení obvodu se začal pověšený drát i volný magnet otáčet. Opisovaly magnetické indukční čáry (silokřivky), které se ve rtuti vytvořily. Příčinou otáčení je Lorentzova síla [17; 18]. Původní Faradayův elektromotor je zobrazený na obrázku 1.



Obrázek 1: Faradayův elektromotor, převzato z [19]

Tímto pokusem Faraday dokázal, že „*elektřina se dá přeměnit na mechanickou práci*“. Tento elektromotor se nedal k ničemu využít. Jednalo se pouze o experimentální přístroj [20; 21].

Michael Faraday

Narodil se 22. září 1791 do chudé rodiny v Newingtonu na jižním předměstí Londýna. Ve čtrnácti letech nastoupil do učení ke knihaři. Všechny knihy, které vázal, také četl. Při učení našel zálibu ve vědě. V knihařské dílně prováděl i své první experimenty s třecí elektřinou. Navštěvoval vědecké přednášky chemika Humphry Davyho. V roce 1813 se stal Davyho laborantem a doprovázel ho na jeho cestách po Evropě. Roku 1821 se oženil se Sárrou Bernardovou a o tři roky později, roku 1824, byl přijat do královské společnosti a později se stal ředitelem laboratoří královského ústavu. V roce 1833 se stal profesorem chemie [19; 20].

Kromě principu elektromotoru objevil i elektromagnetickou indukci, formuloval zákony elektrolýzy, později pojmenované po něm. Objevil i novou látku benzen [19; 20].

Své experimenty z oblasti elektřiny a elektromagnetizmu popsal v díle *Experimental Researches in Electricity*, které vyšlo ve třech svazcích. Chemické výzkumy publikoval v díle *Experimental Researches in Chemistry and Physics* [19].

3.1.3 Teorie

Vedení elektrického proudu v kapalinách

Vedení elektrického proudu v kapalných látkách zajišťují volné ionty [22]. Roztoky, které vedou elektrický proud, se nazývají elektrolyty. Mezi elektrolyty patří vodné roztoky solí (NaCl, KCl), kyselin (H_2SO_4 , HNO_3) a zásad (KOH, NaOH) [23].

Děj, při kterém dochází ke štěpení elektricky neutrální látky na ionty s opačnými elektrickými náboji, se nazývá **elektrolytická disociace** [22].

Magnetické pole vodiče s proudem

V okolí každého vodiče protékaného elektrickým proudem vzniká magnetické pole. Velikost magnetické indukce tohoto pole je přímo úměrná velikosti proudu ve vodiči, závisí také na vzdálenosti od vodiče, na tvaru vodiče a na magnetických vlastnostech prostředí, ve kterém se vodič nachází [23].

Magnetické indukční čáry

Pomocí magnetických indukčních čar zobrazujeme magnetické pole magnetů nebo vodičů s proudem [23].

Magnetické indukční čáry přímého vodiče s proudem mají tvar soustředných kružnic. Jsou rozloženy v rovinách kolmých k vodiči se středem v místě průchodu jednotlivých rovin vodičem. Orientace indukčních čar závisí na směru proudu ve vodiči. K určení jejich orientace využíváme **Ampérovo pravidlo pravé ruky**. Toto pravidlo říká, že při uchopení vodiče do pravé ruky tak, aby palec ukazoval dohodnutý směr proudu ve vodiči, pak prsty ukazují orientaci magnetických indukčních čar [23].

Magnetická síla

Na přímý vodič, kterým protéká elektrický proud v magnetickém poli, působí magnetická síla F_m . Vztah (1) lze využít pro výpočet velikosti magnetické síly v homogenním magnetickém poli.

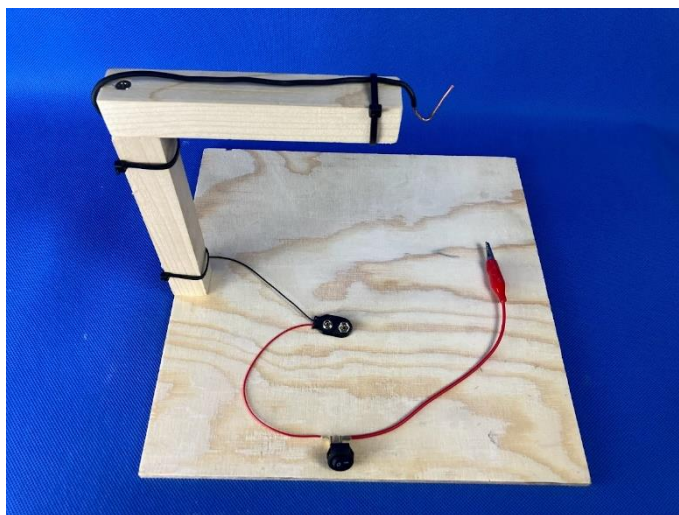
$$F_m = B \cdot I \cdot l \cdot \sin\alpha, \quad (1)$$

kde I je elektrický proud ve vodiči, l aktivní délka vodiče, α úhel mezi vodičem a magnetickými indukčními čarami. Veličina B je magnetická indukce. Vyjadřuje silové působení magnetického pole na vodič s proudem. Její jednotkou je **tesla** (T) [23].

Magnetická síla vzniká díky vzájemnému působení magnetického pole vodiče s proudem a daného magnetického pole [23].

3.1.4 Aparatura

K provedení pokusu je nutné vyrobit aparaturu. Aparaturu lze vyrobit ze dřeva (Obrázek 2).



Obrázek 2: Dřevěná aparatura

Dřevěná aparatura

Pomůcky

- Křížový šroubovák;
- plochý šroubovák;
- vrtačka;
- vrták $\varnothing$ 3 mm;
- kombinované kleště;
- brusný papír (P60 hrubost);
- nožík;
- dřevěná aparatura:
 - dřevěná deska (překližka tloušťka 8 mm);
 - dřevěná latě (smrková 26 × 26 mm);
 - 2 vruty (3 × 40);
 - měděný vodič (černý);
 - vodič banánek krokodýl (červený);
 - lámací svorkovnice;
 - klip na 9V baterii;
 - zdrhovací páska (3);
 - spínač;
 - konektory.

U dřevěné desky a latě je v závorce uvedený rozměr použitý pro účely této práce. Pro výrobu aparatury lze využít i jiné rozměry.

Příprava materiálu

Dřevěná deska

Tento díl má rozměry 1 200 × 600 mm (Obrázek 3).



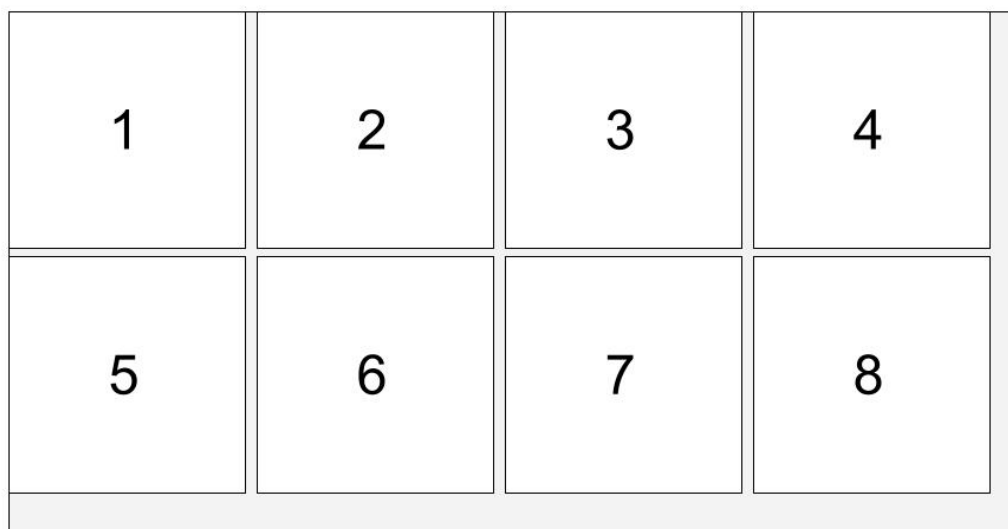
Obrázek 3: Dřevěná deska v původní velikosti

1. Z desky se odřízne čtverec o rozměrech 300×300 mm.
2. Přesně ve středu jedné strany a ve vzdálenosti 13 mm od okraje desky se vyvrtá otvor o průměru 3 mm.
3. Brusným papírem se obrousí všechny ostré hrany. Obrousí se také třísky, které vznikly v místě vrtání. Vzniklý otvor se obrousí z obou stran (Obrázek 4).



Obrázek 4: Odříznutý čtverec s vyvrtaným otvorem

Z jedné celé desky lze vytvořit až 8 základen s minimálním zbytkem (Obrázek 5). V plánu řezání jsou očíslované jednotlivé čtverce, které vzniknou řezáním. Šedivá oblast je zbytek a prořez.



Obrázek 5: Plán řezání překližky

Dřevěná latě

K výrobě osmi aparatur je vhodné pořídit dvě latě o délce 2 000 mm se čtvercovým profilem 26 mm (Obrázek 6).



Obrázek 6: Dřevěné latě v původní velikosti

1. Pro výrobu jedné aparatury se z latě odříznou 2 kusy. Jeden kus o délce 150 mm. Druhý kus o délce 166 mm.
2. Do kusu o délce 150 mm se vyvrtá otvor v podélné ose ve vzdálenosti 13 mm od okraje. Pro vrtání se využije vrtačka a vrták o průměru 3 mm. Díra se vrtá kolmo k povrchu latě. Předvrtáním otvoru se velmi usnadní pozdější šroubování a zároveň se zabrání rozštípnutí latě.
3. Na obou dílech se obrousí ostré hrany brusným papírem. Obrousí se také třísky, které vznikly v místě vrtání (Obrázek 7).



Obrázek 7: Nařezaná latě

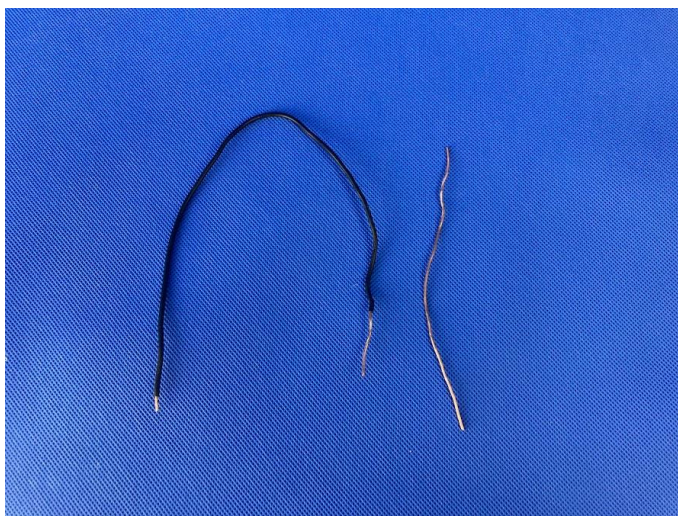
Měděný vodič

1. Černý vodič o délce 500 mm a průměru 1,5 mm (Obrázek 8) se nastříhá na délky 350 mm (který bude tvořit vedení od baterie k háčku); 150 mm (který bude tvořit rameno motoru).



Obrázek 8: Měděný drát před nastřiháním

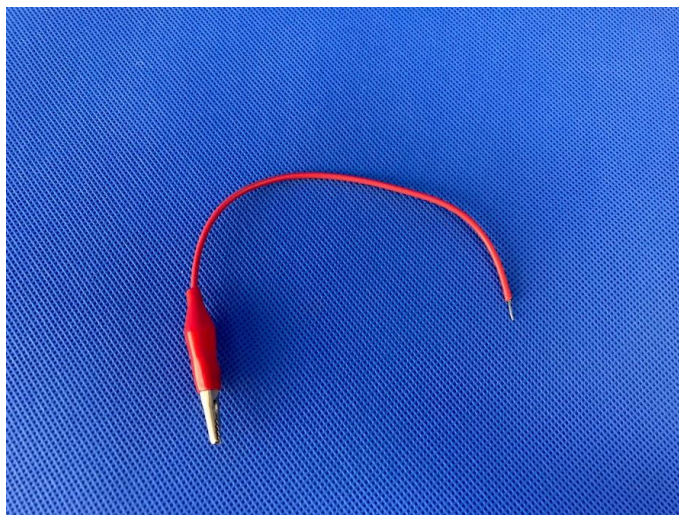
2. Kratší kus se celý odizoluje pomocí nože.
3. Na delším kusu se odizoluje 5-7 mm na jednom konci a 40 mm na konci druhém (Obrázek 9).



Obrázek 9: Odizolovaný měděný vodič

Vodič s banánkem (krokodýl)

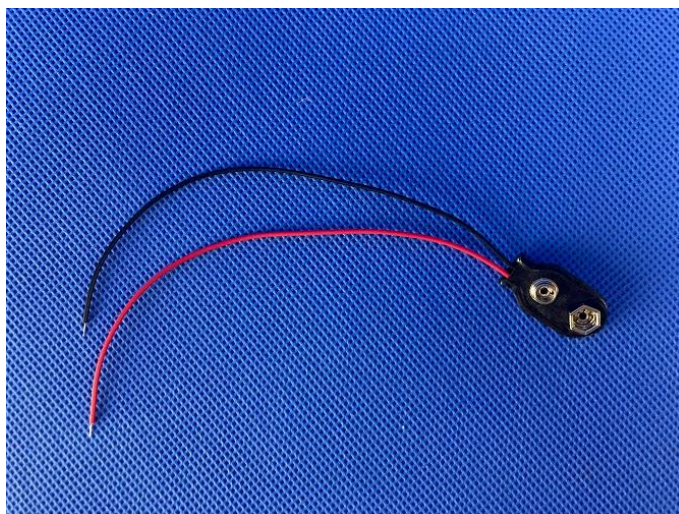
1. Červený vodič s banánkem (krokodýlem) o délce 500 mm se rozstříhne na půl. Vznikne vodič o délce 250 mm.
2. Nově vzniklý konec (bez banánku) se odizoluje do vzdálenosti 5-7 mm (Obrázek 10).



Obrázek 10: Zastřižený a odizolovaný vodič s banánkem

Klip na 9V baterii

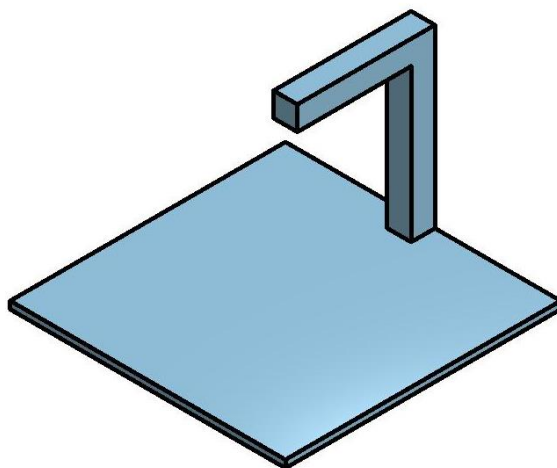
1. Na vodičích od klipu na 9V baterii se odizoluje 5-7 mm pro pozdější připojení vypínače a dalšího vodiče (Obrázek 11).



Obrázek 11: Odizolovaný klip na 9V baterii

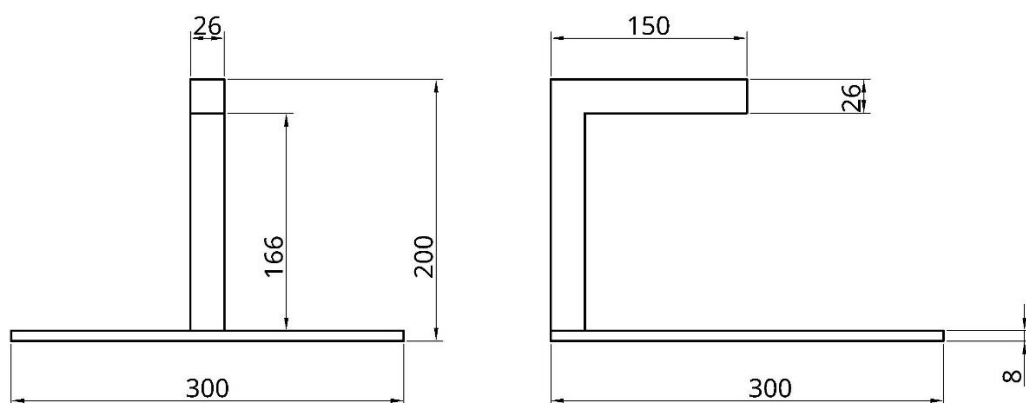
Sestavení dřevěné aparatury

Dřevěná aparatura se vyrábí podle 3D modelu (Obrázek 12).



Obrázek 12: 3D model dřevěné aparatury

Pro přehlednost je na obrázku číslo 4 vyobrazena aparatura ve dvou pohledech i se všemi potřebnými kótami (Obrázek 13).



Obrázek 13: Výkres dřevěné aparatury.

Sestavení dřevěné konstrukce

2. Podložka se spojí s delší latí jedním vrutem. Vrut projde vyvrtaným otvorem v podložce (Obrázek 14).



Obrázek 14: Podložka s první latí

Práci usnadní přenesení krajní hrany stojky na hranu podložky. Šroubování je vhodné provádět s otočenou podložkou. Podložka přesahuje hranu stolu a vrut se šroubuje ze zadní strany podložky. Pomocí palce jedné ruky se ohlídá zalícování obou dílů (Obrázek 15).



Obrázek 15: Detail spojení podložky s první latí

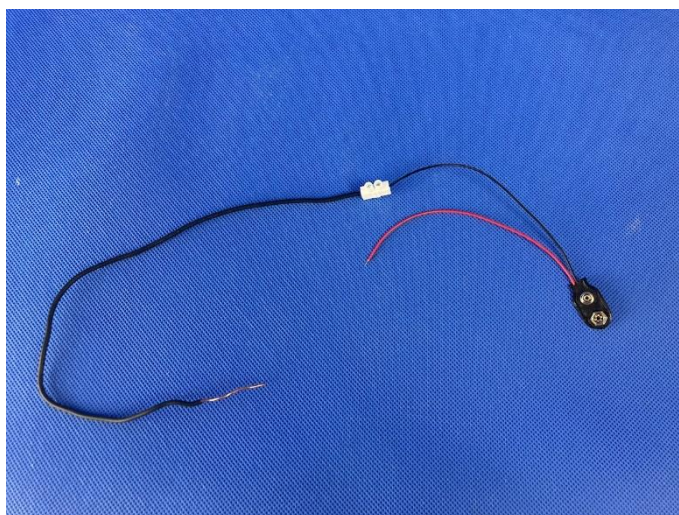
3. Kratší lat' se spojí vrutem s latí, kterou je přišroubovaná k podložce. (Obrázek 16).



Obrázek 16: Hotová dřevěná konstrukce

Elektroinstalace

1. Na černý vodič klipu 9V baterie se připojí svorkovnice.
2. Do druhého konce svorkovnice se připojí delší měděný vodič. Měděný vodič se připojuje kratší odizolovanou stranou (Obrázek 17).



Obrázek 17: Klip na baterii spojený s vodičem

3. Pomocí kabelové pásky se vodič připevní k dřevěné konstrukci.
4. Kleštěmi nebo nožem se odstraní přebytečné kusy pásek.
5. Odizolovaný konec drátu se ohne do tvaru háčku (Obrázek 18).



Obrázek 18: Vodič připevněný ke konstrukci s ohnutým koncem

4. Dva kontakty se ohnou kleštěmi do pravého úhlu (Obrázek 19).



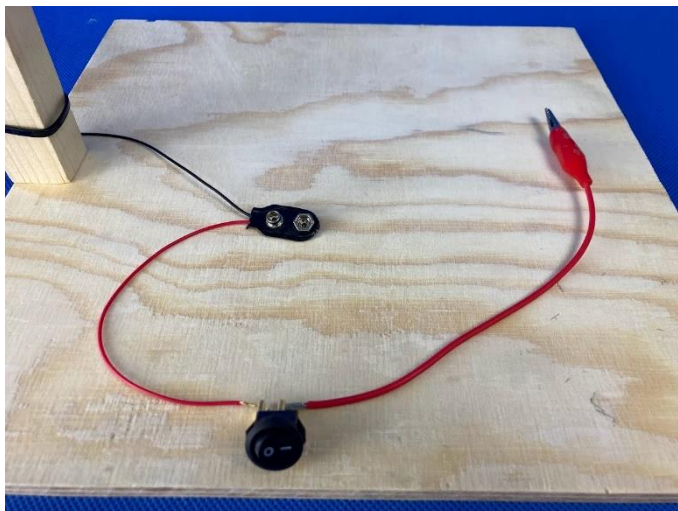
Obrázek 19: Upravené kontakty

5. Upravené kontakty se nasunou na kontakty kolébkového vypínače (Obrázek 20).



Obrázek 20: Kolébkový vypínač s nasunutými kontakty

6. Z jedné strany vypínače se připojí vodič od klipu na baterii. Z druhé strany vodič s banánkem (Obrázek 21).



Obrázek 21: Připojení vypínače

7. Připojení vodičů je snadné, vodič se zasune odizolovanou stranou do otvoru, který se následně zmáčkne kleštěmi.
8. Jeden konec (40 mm) kratšího měděného vodiče, který je celý odizolovaný, se ohne do tvaru háčku (Obrázek 22) a zavěsí se do háčku, který vznikl při montáži černého vodiče k dřevěné konstrukci (Obrázek 18).



Obrázek 22: Kratší měděný vodič s upraveným koncem

Rozpočet

Všechny pomůcky potřebné pro výrobu dřevěné aparatury lze objednat z různých e-shopů. Přehled jednotlivých komponent včetně potřebného množství ceny jednoho kusu

bez DPH a odkazu na produkt v e-shopu zobrazuje Tabulka 6. Ceny uvedené v tabulce odpovídají době, v níž byla vytvořena tato práce.

Tabulka 6

Rozpočet na výrobu dřevěné aparatury

Název v e-shopu	Počet kusů	Cena za kus	Odkaz
Hoblovaná lať smrk 26 × 26 × 316 mm	1 ks	12,50 Kč	https://1url.cz/EKCPh
Truhlářská překližka, borovice A/B, 8 × 300 × 300 mm	1 ks	52 Kč	https://1url.cz/CKI2Y
Svorkovnice do 4 mm ²	1 ks	18 Kč	https://1url.cz/aKI2n
Kabelová páska	3 ks	1,72 Kč	https://1url.cz/fKI26
Vrut se zápusťnou hlavou křížová drážka, plný závit, žlutý zinek	2 ks	0,43 Kč	https://1url.cz/IKI2x
Klip na 9V baterii	1 ks	8 Kč	https://1url.cz/VKI2A
Vodič instalační H07V-U 1 × 1,5 mm ² černý	500 mm	3,05 Kč	https://1url.cz/EKIqL
Kolébkový přepínač černý 2pol/2pin	1 ks	29 Kč	https://1url.cz/uKIqz
FASTON konektor 6,3 mm	2 ks	3 Kč	https://1url.cz/qKIqr
Vodič banánek krokodýl	1 ks	30 Kč	https://1url.cz/MKI2m

Ceny dřevěných dílů uvedené v tabulce jsou rozpočítány na sestavení jedné aparatury. Pořizovací cena celé překližkové desky 8 × 1 250 × 2 500 mm je 419 Kč. Hoblovanou smrkovou lať 26 × 26 × 2 000 mm lze pořídit za 79 Kč. Cena celého setu kabelových pásek je 129 Kč. Balení obsahuje 75 kusů.

Celkové náklady na sestavení dřevěné aparatury činí 165 Kč, a to včetně DPH. V tabulce nejsou započítány náklady na dopravu zboží k zákazníkovi.

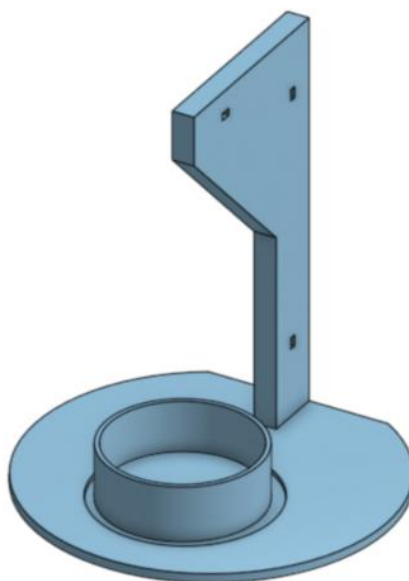
Plastová aparatura

Aparaturu lze také vytisknout na 3D tiskárně z plastu (Obrázek 23).



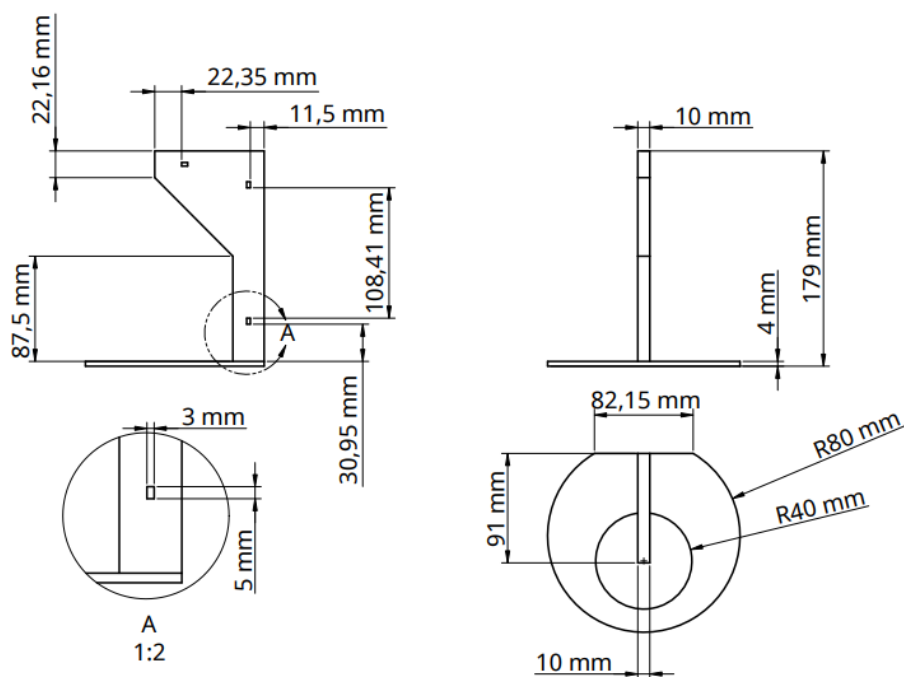
Obrázek 23: Aparatura vytištěná na 3D tiskárně

Aparatura se vytiskne na 3D tiskárně podle 3D modelu (Obrázek 24). Hotový model je ke stažení na webu Thingiverse [24]. Aparatura se skládá ze stojanu a nádoby. Nádobu se vytiskne z průsvitného filamentu. Barva stojanu není rozhodující.



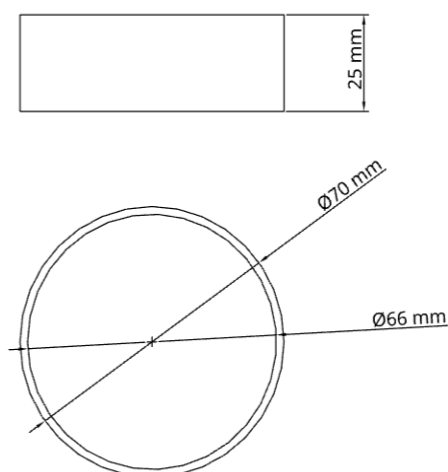
Obrázek 24: 3D model aparatury [24]

Rozměry stojanu lze vyčíst z výkresu (Obrázek 25). Na tomto výkresu je zobrazený stojan ve třech pohledech i se všemi potřebnými kótami. Detail A zobrazuje otvor pro zdrhovací pásku.



Obrázek 25: Výkres stojanu plastové aparatury

Výkres nádoby, která je součástí 3D modelu, zobrazuje Obrázek 26.



Obrázek 26: Výkres nádoby plastové aparatury

Příprava plastové aparatury (vytištěné na 3D tiskárně) je ekvivalentní k postupu u dřevěné aparatury, s jediným rozdílem, v délce vodičů. Délka vodičů je: 160 mm a 180 mm. Delší vodič se odizoluje celý. Tento vodič bude tvořit rameno motoru. Na kratším vodiči se odizolují pouze jeho konce (3 mm a 30 mm). Zdrhovací pásy se protáhnou otvory v aparatuře.

3.1.5 Pokus

Pomůcky

- Aparatura;
- 9V baterie;
- nevodivá nádoba (kádinka, nebo sklenička);
- alobal;
- nůžky;

- voda;
- kuchyňská sůl;
- kulatý neodymový magnet.

Postup přípravy pokusu

1. Z alobalu se odstříhne obdélník o délce 150 mm a výšce 100 mm.
2. Obdélník se přeloží po délce na 2 stejně velké poloviny (Obrázek 27).



Obrázek 27: Přeložený alobal

3. Alobalový obdélník se přeloží přes hranu nádoby ($\varnothing$ 95 mm) na dvě stejně velké poloviny. Alobal je nutné přimáčknout ke stěně nádoby.
 4. Neodymmový magnet se umístí na dno nádoby.
 5. Do nádoby z elektrického izolantu se nalije voda.
 6. Do vody se nasype sůl a roztok se důkladně promíchá.
- Kroky 1-6 zachycuje

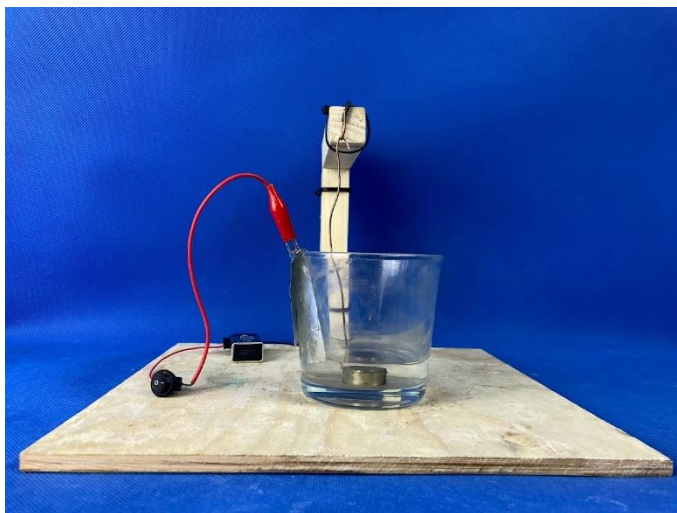
Obrázek 28.



Obrázek 28: Nádoba s magnetem, alobalem a solným roztokem

7. Podle potřeby se upraví alobal tak, aby byl důkladně přimáčkнутý ke stěně nádoby a neplaval ve vodě.
8. Nádoba se umístí do aparatury a vodič s banánkem se připojí k alobalu.

9. Na háček aparatury se zavěsí odizolovaný měděný vodič tak, aby se nedotýkal dna nádoby ani alobalu.
10. Spínač na aparatuře se přepne do polohy 0 (vypnuto).
11. Do klipu na 9V baterii se připojí 9V baterie.



Obrázek 29: Připravená aparatura

Postup přípravy pokusu s plastovou aparaturou je stejný jako při použití dřevěné aparatury. Jediný rozdíl je ve velikosti alobalového obdélníku. Při přípravě pokusu s plastovou aparaturou stačí obdélník o rozměrech 50 mm × 100 mm.

Postup provedení pokusu

1. Spínač se přepne do polohy 1 (zapnuto). Odizolovaný vodič se začne pohybovat okolo magnetu. Pokud se neuvede do pohybu, lze ho rozpohybovat impulzem nevodivým materiálem (rukojet šroubováku).

Činnost motoru s dřevěnou aparaturou je zachycena na videu, které je k dispozici na adrese: <https://1url.cz/3ruy7>.

Když je spínač v poloze 1 (zapnuto) je elektrický obvod uzavřený a protéká jím elektrický proud. V této situaci není vhodné dotýkat se odizolovaného vodiče. Může nastat úraz elektrickým proudem.

Postup provedení pokusu s plastovou aparaturou je ekvivalentní k postupu s dřevěnou aparaturou.

Činnost motoru s plastovou aparaturou je zachycena na videu, které je k dispozici na adrese: <https://1url.cz/uruyA>.

Diskuze

Při provádění pokusu je potřeba mít dobře spojené vodiče. Rameno motoru se nesmí dotýkat dna nádoby. Solný roztok musí být dostatečně nasycený. Alobal, který je ponořený v roztoku, musí být přitlačený ke stěně nádoby. Nesmí volně plavat v roztoku. Pokud není alobal přimáčkнутý ke stěně nádoby, může překážet ramenu motoru při pohybu.

Pro úspěšné provedení pokusu je nutné zvolit správný zdroj elektrického napětí. Ne všechny 9V baterie dostupné na trhu, dokáží motor roztočit. Baterie, která se osvědčila, byla baterie Energizer [25]. Jako zdroj napětí by bylo možné využít i laboratorní zdroj elektrického napětí. Tento zdroj by na žáky mohl působit jako černá skříňka.

Směr rotace drátu lze změnit otočením magnetu.

Závěr

Při pokusu byl demonstrován princip činnosti elektromotoru.

3.2 Anomálie vody (Hopeho experiment)

3.2.1 Cíle pokusu

- Dokázat, že hustota vody je nejvyšší při teplotě 4 °C.
- Objasnit, proč voda zamrzá od volné hladiny ke dnu.

3.2.2 Historie pokusu

Thomas Charles Hope

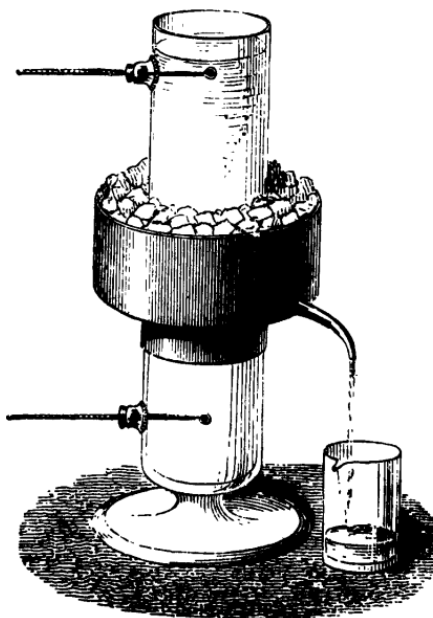
Skotský chemik, který se narodil 21. července 1766 v Edinburghu. Přednášel chemii v Glasgow a Edinburghu. Bývá označován jako objevitel chemického prvku stroncium (Sr) [26; 27].

V roce 1805 provedl sérii pokusů a dokázal, že má voda největší hustotu při teplotě 39,5 °F¹ [26; 27; 28]. Čímž objasnil, proč led plave [26]. Pro tento pokus, navrhl vlastní aparaturu (Hopeho přístroj) [28].

Hopeho přístroj

Původní Hopeho přístroj (Obrázek 30) bývá popisován jako skleněná válcová nádoba vysoká 18 palců (45,72 cm) s průměrem 4,5 palce (11,43 cm). V polovině výšky nádobu obklopovala ocelová pocínovaná nádoba. Do této nádoby umístil chladicí směs (směs ledu a soli). Nádoba byla vysoká 5 palců (12,7 cm) s průměrem 10 palců (25,4 cm) [28].

Ve skleněné nádobě byly 2 otvory pro teploměry. Pravděpodobně využil kapalinové skleněné teploměry. Dolní otvor byl ve výšce 0,75 palce (1,9 cm) ode dna nádoby. Horní otvor byl těsně pod hladinou kapaliny. Pro odizolování přístroje od podložky (desky stolu) využil několik listů papíru. Těmito listy přístroj podložil [28].



Obrázek 30: Hopeho přístroj, převzato z [28]

3.2.3 Teorie

Teplotní objemová roztažnost kapalin

¹ 39,5 °F $\doteq$ 4,2 °C

Při změně teploty kapaliny se mění její objem. U většiny kapalin se objem zvyšuje s rostoucí teplotou. Objem kapaliny V je za stálého vnějšího tlaku určen přibližně následujícím vztahem (Vztah 2).

$$V \approx V_1 \cdot (1 + \beta \cdot \Delta t), \quad (2)$$

kde Δt vyjadřuje změnu teploty, V_1 je objem při počáteční teplotě a β je teplotní součinitel objemové roztažnosti kapaliny. Hodnoty β jsou pro některé kapaliny uvedeny v Matematických, fyzikálních a chemických tabulkách (MFChT). Například hodnota teplotního součinitele objemové roztažnosti pro vodu je $\beta = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ [23]. Teplotní objemová roztažnost kapalin se využívá u kapalinových teploměrů [23].

Při změně teploty dochází ke změně objemu kapaliny. Mění se také její hustota [23].

Anomálie vody

Voda je mezi kapalinami výjimkou z hlediska závislosti jejího objemu na teplotě. Při zahřívání vody z teploty 0°C na 4°C se zmenšuje její objem a zvyšuje se její hustota. Hustota vody dosahuje maxima ($999,97 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$) při teplotě $3,98^\circ\text{C}$. Při zahřívání vody nad teplotu 4°C se její objem zvětšuje (hustota se zmenšuje) [23]. Závislost hustoty vody na její teplotě znázorňuje Obrázek 31.



Obrázek 31: Závislost hustoty vody na teplotě, převzato z [6]

Důsledkem této anomálie je, že rybníky, jezera a moře zamrzají shora dolů. V zimě se ve vodních nádržích vytvoří vrstvy vody s různou teplotou. V nižších vrstvách je voda o teplotě 4°C . U hladiny je voda chladnější. To umožňuje život vodních živočichů a rostlin pod ledem [23].

Plování těles

Těleso vložené do kapaliny:

1. **klesá ke dnu**, pokud je jeho průměrná hustota větší, než je hustota kapaliny;
2. **vznáší se v kapalině**, jestliže je jeho průměrná hustota rovna hustotě kapaliny;
3. **stoupá k volné hladině**, pokud je jeho průměrná hustota menší než hustota kapaliny [22].

3.2.4 Aparatura

Aparaturu (Hopeho přístroj) lze vyrobit z běžně dostupných materiálů (Obrázek 32). Druhou možností je vytisknout aparaturu na 3D tiskárně.



Obrázek 32: Hopeho přístroj z odměrného válce

Pomůcky

- Nožík;
- vrtačka;
- fixa;
- 30cm pravítko, nebo 16cm trojúhelník;
- posuvné měřítko;
- vrták $\varnothing$ 3 mm;
- pila/pilka na železo;
- pilníky (1 plochý, 1 kulatý);
- tavná pistole;
- tavná tyčinka;
- Hopeho přístroj:
 - odměrný válec o objemu 250 ml;
 - plastová dóza (kulatá, objem 1 litr).

Pracovní postup

1. Fixou se označí vzdálenost 30 mm od horního okraje odměrného válce. Je vhodné označit danou vzdálenost po celém obvodu válce.
2. Odměrný válec se rozřízne pilou na železo. Řez se vede po vyznačené čáře.
3. Plochým pilníkem se obrousí vzniklá hrana, aby na ní nezůstaly plastové otřepky. Výsledek kroků 1-3 zachycuje Obrázek 33.



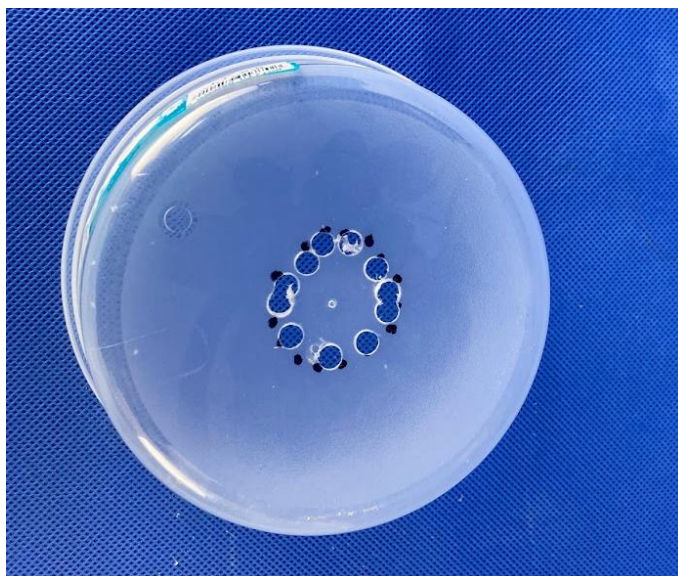
Obrázek 33: Odříznutý odměrný válec

4. Metrem se změří výška plastové dózy.
5. Na odměrném válci se najde střed stupnice. V tomto místě bude střed výšky dózy (rezervoáru). Střed se může označit fixou (značka S na Obrázek 34).
6. Od středu stupnice se odměří směrem dolů polovina výšky dózy (rezervoáru).
7. Naměřená výška se označí fixou (značka D na Obrázek 34). V tomto místě bude dno dózy (rezervoáru).



Obrázek 34: Označený odměrný válec

8. Posuvným měřítkem se změří vnější průměr odměrného válce v označené výšce.
9. Na dno dózy se narýsuje kruh o stejném průměru, jako je změřený průměr odměrného válce.
10. Dóza se postaví dnem vzhůru na pevnou podložku.
11. Vrtačkou se vyvrtají otvory po obvodu narýsovaného kruhu. Mezi vyvrtanými otvory se vynechají rozestupy (Obrázek 35). Vyvrtané otvory se propojí nožem. Otvor se lépe vyřízne nožem s háčkem.



Obrázek 35: Navrtané otvory po obvodu kruhu

12. Výsledný kruh se obrousí kulatým pilníkem.
 13. Dóza s vyříznutým otvorem se navleče na odměrný válec dnem dolů. Dno dózy musí překrýt značku z bodu 6.
 14. Dóza se k válci přilepí tavným lepidlem. Lepidlo se nanáší z obou stran.
- Po ztuhnutí lepidla je Hopeho přístroj hotový (Obrázek 36).



Obrázek 36: Hotový Hopeho přístroj z odměrného válce

Rozpočet

Odměrný válec i dózu lze objednat z e-shopů. Jednotlivé části aparatury, včetně požadovaného množství a ceny za kus s DPH, zobrazuje Tabulka 7. V této tabulce jsou i odkazy na konkrétní e-shop, odkud je možné si komponenty objednat.

Tabulka 7*Rozpočet na výrobu Hopeho přístroje*

Název v e-shopu	Počet kusů	Cena za kus	Odkaz
Odměrný válec 250 ml	1	106 Kč	https://1url.cz/OKfAr
Plastová dóza	1	26 Kč	https://1url.cz/GKfAK

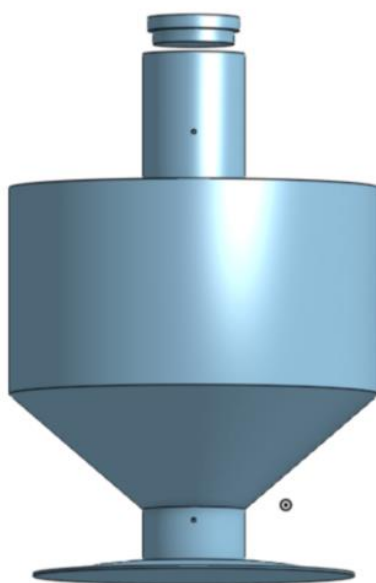
Celkové náklady na výrobu Hopeho přístroje činí 132 Kč včetně DPH. V tabulce nejsou zaznamenány náklady na dopravu.

Aparaturu lze též vytisknout na 3D tiskárně. Aparatura se skládá z Hopeho přístroje a víčka (Obrázek 37).



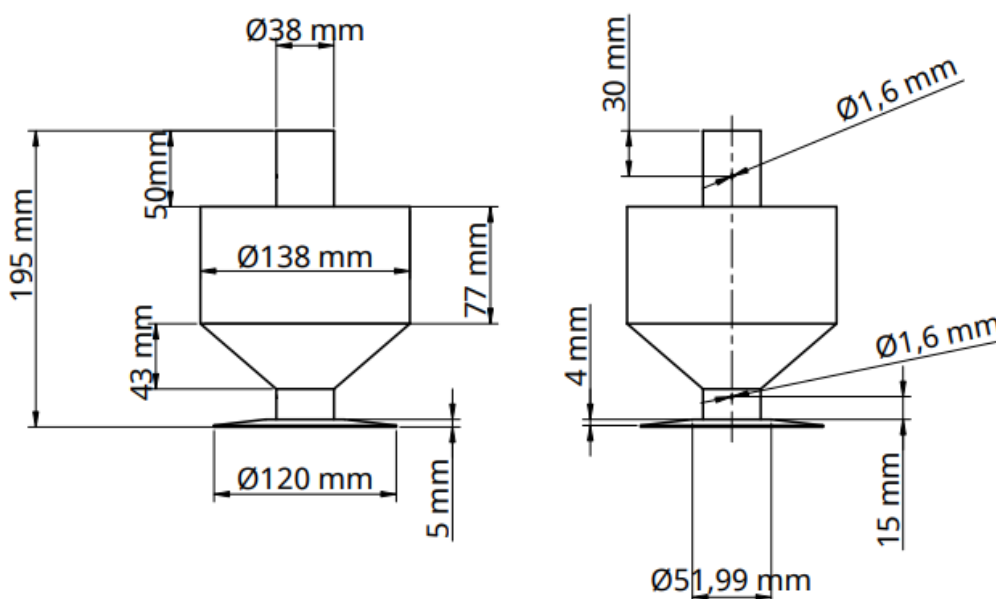
Obrázek 37: Hopeho přístroj vytištěný na 3D tiskárně

Hopeho přístroj se vytiskne podle 3D modelu (Obrázek 38) Hotový model je ke stažení na webu Thingiverse [29].



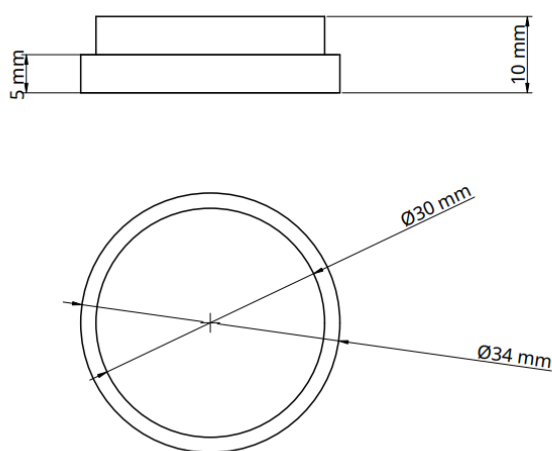
Obrázek 38: 3D model Hopeho přístroje [29]

Výkres (Obrázek 39) zobrazuje Hopeho přístroj ve dvou pohledech se všemi potřebnými kótami.



Obrázek 39: Výkres Hopeho přístroje

Výkres víčka se všemi potřebnými kótami je zobrazen na výkresu (Obrázek 40).



Obrázek 40: Výkres víčka

3.2.5 Pokus

Pomůcky

K provedení pokusu je potřeba připravit následující pomůcky.

- Hopeho přístroj;
- prázdná dóza;
- kus látky k utírání;
- kladivo;
- nůž;
- voda (destilovaná);
- led;

- PET lahev;
- sůl;
- kartón, nebo polystyren;
- bodové teploměry (Vernier Surface Temperature GDX-ST)
- počítač, nebo notebook.

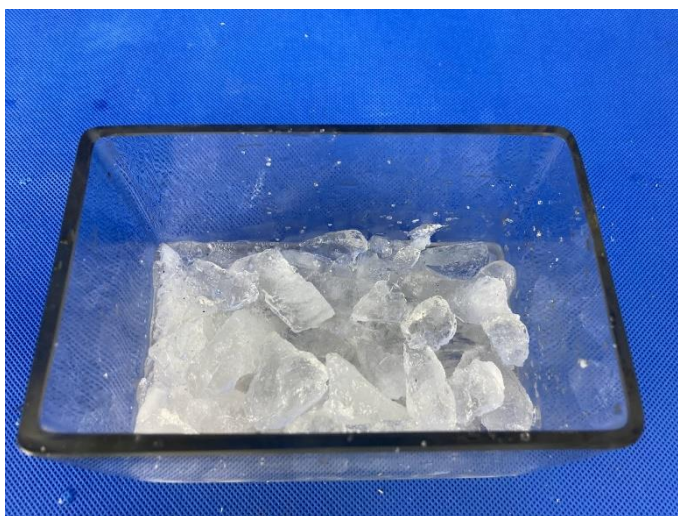
Postup přípravy pokusu

1. S dostatečným předstihem se nechá zamrznout voda v lednici. Vodu lze nalít do PET lahve. Led, který vznikne v PET láhvi, se snadno rozbíjí.
2. Do mrazáku se vloží i Hopeho přístroj, aby se prochládl.
3. Těsně před provedením pokusu se vyndá led z mrazáku.
4. Led v PET lahvi se rozbije kladivem na ledovou tříšť.
5. Vzniklá tříšť se z PET lahve vysype otvorem, který vznikne rozříznutím láhve nožem.
6. Větší kusy ledu se zabalí do hadru a rozbijí kladivem (Obrázek 41).



Obrázek 41: Rozbíjení ledu

7. Tříšť se nasype do prázdné nádoby.
8. Do tříště se přidá kuchyňská sůl a směs se důkladně promíchá (Obrázek 42).



Obrázek 42: Směs ledu a soli

9. V případě provádění pokusu v místnosti se Hopeho přístroj podloží polystyrenem nebo kartonem.
10. Do Hopeho přístroje se nalije 200 ml vody.
11. Směs ledu a soli se přesype do rezervoáru Hopeho přístroje (Obrázek 43).



Obrázek 43: Hopeho přístroj s vodou a ledem

12. Do Hopeho přístroje se zavedou 2 bodové teploměry. Jeden teploměr do spodní části (ke dnu) a druhý pod hladinu. Je důležité, aby se teploměry nedotýkaly dna ani stěn přístroje. Pokud je to nutné, teploměry se zafixují kolíky na prádlo.
13. Přístroj se přikryje polystyrenem nebo kartonem (Obrázek 44).



Obrázek 44: Připravený Hopeho přístroj

14. V případě provádění pokusu za oknem se celá aparatura umístí za okno. Postup přípravy pokusu s Hopeho přístrojem, vytištěným na 3D tiskárně, je ekvivalentní s jediným rozdílem. Bodové teploměry se zastrčí do připravených otvorů a utěsní se. Teploměry lze utěsnit například plastelínou (Obrázek 45).



Obrázek 45: Hopeho přístroj vytištěný na 3D tiskárně s bodovými teploměry

Postup provedení pokusu

Provedení pokusu je popsáno s využitím teplotních čidel Vernier Surface Temperature GDX-ST. Tato čidla mohou s počítačem komunikovat bezdrátově. To umožní provádění experimentu za oknem.

1. Bodové teploměry se propojí s počítačem.
2. Doba měření se nastaví na 30 minut. Režim na časovou závislost a frekvence na 60 vzorků za minutu (Obrázek 46).

Nastavení měření ✕

Režim

Časová závislost ▼

Jednotky času

min ▼

Frekvence
Ⓢ

60

vzorky/min

Interval

0,0166667

min/vzorek

Spustit měření

☒ Ručně
☐ Hodnotou měřené veličiny

Zastavit měření

☒ Po

30

 min trvání experimentu
☐ Ručně

Celkový počet naměřených bodů:
1801

STORNO

HOTOVO

Obrázek 46: Nastavení sběru dat

3. Spustí se měření.
4. Během měření se pozorují grafy průběhů teplot.
5. Po naměření anomálie vody se o výsledku diskutuje se žáky.

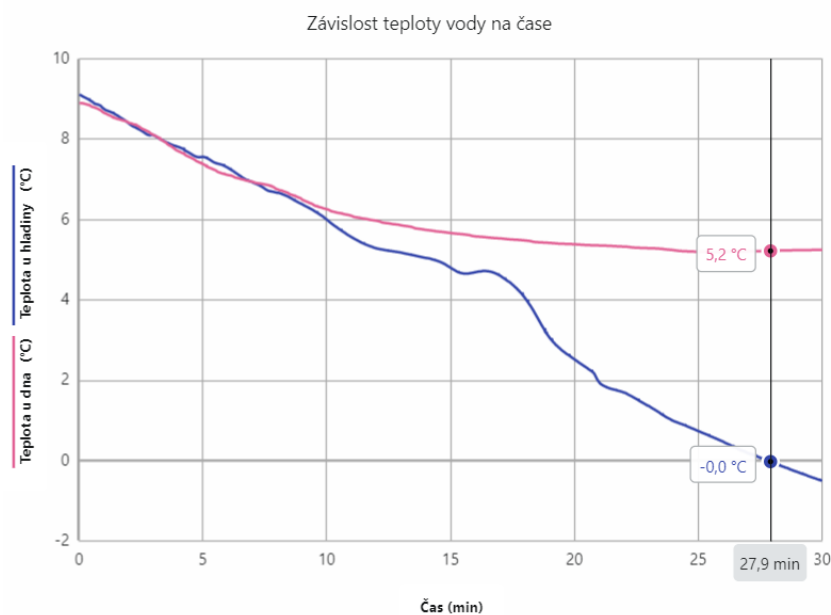
Postup provedení pokusu s Hopeho přístrojem vytištěným na 3D tiskárně je stejný.

43

Diskuze

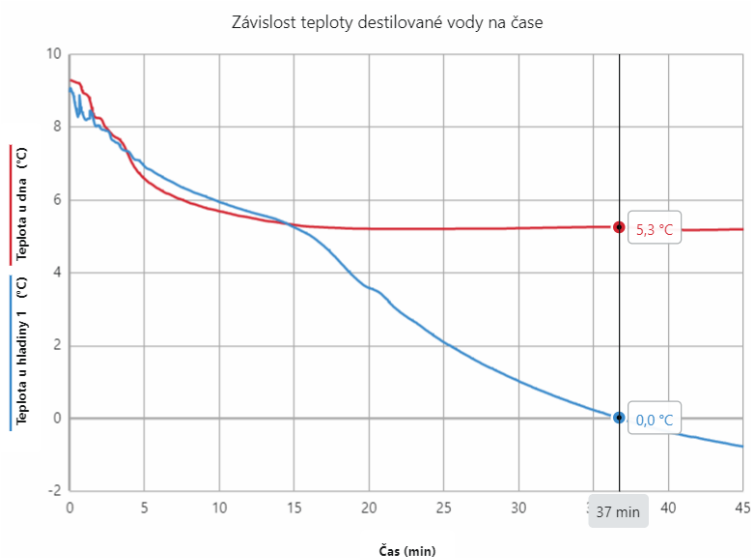
Měření s Hopeho přístrojem zhotoveným z odměrného válce

Měření anomálie vody probíhalo s vodou z vodovodu, destilovanou vodou a vodou z rybníka. Průběh měření anomálie vody z vodovodu zobrazuje Obrázek 47.



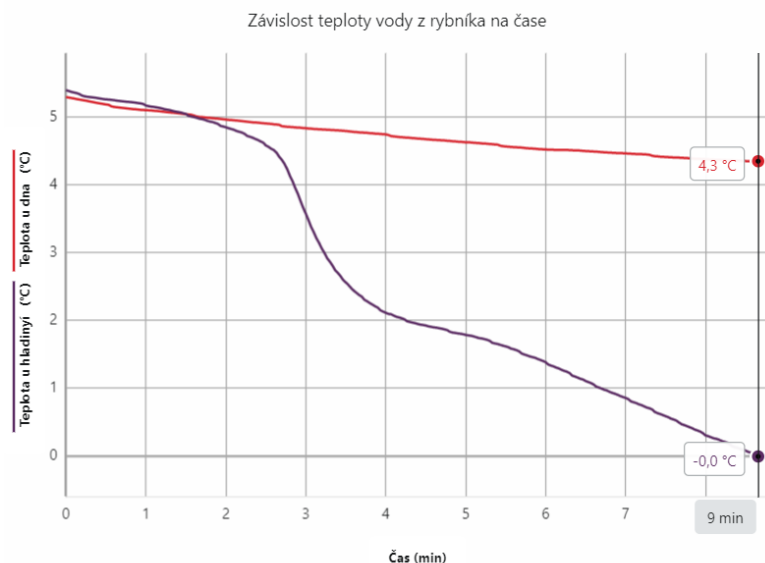
Obrázek 47: Anomálie vody z vodovodu měřená v přístroji z odměrného válce

Teplota vzduchu během měření byla 7 °C. Objem vody 200 ml. Obrázek 48 zobrazuje závislost teploty destilované vody na čase.



Obrázek 48: Anomálie destilované vody měřená v přístroji z odměrného válce

Obrázek 49 zobrazuje závislost teploty vody z rybníka na čase. Voda byla odebrána z rybníka Dolní u Lišova. Teplota vzduchu během měření byla 6 °C.



Obrázek 49: Anomálie vody z rybníku měřená v přístroji z odměrného válce

Měření významně ovlivňuje velikost Hopeho přístroje (objem kapaliny, kterou potřebujeme ochladit). Prvotní pokusy probíhaly s přístrojem zhotoveným z odměrného válce o objemu 500 ml. Měření trvalo dlouho a nebylo reálné zvládnout celý pokus během jedné vyučovací hodiny. Úspěšný pokus s velkým Hopeho přístrojem trval 4 hodiny.

Velký vliv na dobu měření má i množství ledu v rezervoáru a jeho obměna. Při pokusu s destilovanou vodou nebyl přidán čerstvý led, a proto pokus trval déle než s vodou z vodovodu. Při pokusu s vodou z vodovodu byl do rezervoáru, po šestnácti minutách od začátku měření, přidán další led.

Měření velmi ovlivňuje okolní teplota. Při vyšší teplotě vzduchu dochází k velké tepelné výměně mezi přístrojem a okolím a k rychlému ohřívání vody. Při vyšší teplotě také rychle taje led, takže je nutné led často měnit. Z tohoto důvodu je vhodné pokus provádět za oknem, při nízké venkovní teplotě.

Při měření anomálie destilované vody při teplotě vzduchu 23 °C, nebyl naměřený žádný výsledek ani po třech hodinách.

Měření za oknem, s využitím bezdrátových teplotních čidel, výrazně usnadní měření a zkrátí čas potřebný k provedení pokusu.

Při okolní teplotě 7 °C lze pokus stihnout pohodlně během jedné vyučovací hodiny.

Jako nejlepší voda pro provádění pokusu se ukázala voda odebraná z rybníku.

Závěr

Při provádění pokusu se podařilo dokázat, že hustota vody je nejvyšší při teplotě 4 °C. Voda o této teplotě se přesunula ke dnu nádoby, voda o teplotě 0 °C zůstala u hladiny a začala zamrzat.

3.3 Potápěčský zvon

3.3.1 Cíl pokusu

Dokázat, že plynné látky vyplňují vždy celý prostor nádoby, ve které jsou zavřené.

3.3.2 Historie pokusu

Edmond Halley

Narodil se 29. října 1656 v Haggerstonu nedaleko Londýna. Jeho otec byl významný mydlář a obchodník s nasoleným masem. Studoval v Oxfordské Queen's College. Na ostrově Svaté Heleny pozoroval hvězdy jižního nebe. Byl zvolen členem královské společnosti. Od roku 1720 do své smrti, v roce 1740, byl druhým královským astronomem [30].

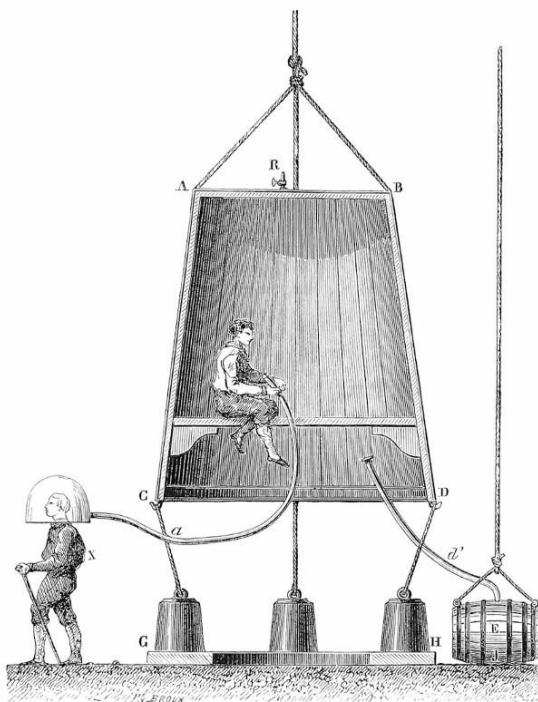
Edmond Halley dokázal, že komety obíhají okolo slunce pravidelně. Jedna z komet nese jeho jméno. Pokoušel se určit stáří planety Země [30; 31].

Sestrojil a otestoval potápěčský zvon. S pomocí tohoto zvonu mohli 4 lidé sestoupit až do hloubky 18 metrů [30; 31].

Potápěčský zvon

Halleyův potápěčský zvon měl tvar komolého kužele. V horní části bylo okénko pro přístup světla. Na střeše zvonu se nacházel kohout, který sloužil k odvětrávání zvonu. Zvon byl zatížený olovem, aby se potopil [31; 32].

Zvon byl vyrobený ze dřeva. Průměr spodní podstavy byl 5 stop (1,5 m). Průměr horní podstavy byl 3 stopy (0,9 m). Dno zvonu bylo otevřené. Ve výšce 1 stopy (0,3 m) ode dna byla uvnitř zvonu umístěna lavice, která vedla po obvodu [31; 32]. Celková výška zvonu byla 5 stop (1,5 m) [33]. Zvon zobrazuje Obrázek 50.



Obrázek 50: Halleyův potápěčský zvon, převzato z [31]

Potápěčský zvon se zavěšoval na nosník lodí královského námořnictva. Potápěčům se pravidelně doplňoval vzduch. Vzduch se do zvonu dopravoval v uzavřených sudech. Ze sudů vedla hadička. Potápěči vždy otevřeli kohoutek a pustili čerstvý vzduch do zvonu. Nedýchatelný vzduch se vypouštěl pomocí kohoutku v horní části válce [31].

Halley se čtyřmi společníky zvon údajně využil k ponoření do hloubky 60 stop (18,2 m). Ve zvonu měli strávit 90 minut bez přerušení. Halley sestrojil potápěčskou přilbu, která potápěči umožňovala projít se po dně. Přilba byla propojena se zvonem dvěma koženými hadicemi. Jedna sloužila k výdechům a druhá k nádechům [31].

3.3.3 Teorie

Vlastnosti plynných látek

Vzduch je plyn, který nás všude obklopuje. Vzduch je nutnou podmínkou života na zemi. Je to bezbarvý plyn, který nejčastěji vnímáme jako proud vzduchu [6].

Plynné látky vždy vyplňují celý objem uzavřeného prostoru. Molekuly plynných látek se pohybují neuspořádaným pohybem [6].

Tlak v kapalinách

Tlak v kapalině, vyvolaný její vlastní tíhou se nazývá hydrostatický tlak. Tlaková síla působí v kapalině všemi směry [6].

Hydrostatický tlak p v hloubce h se určí podle Vztahu 3,

$$p = \rho \cdot g \cdot h, \quad (3)$$

kde ρ označuje hustotu kapaliny, g je tíhové zrychlení a h označuje hloubku, ve které je těleso ponořené [6].

3.3.4 Aparatura

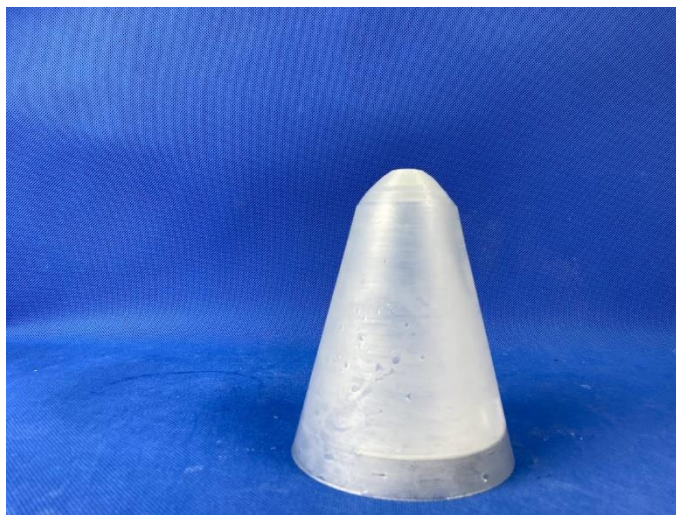
Aparaturu pro provedení pokusu s potápěčským zvonem je možné vytisknout na 3D tiskárně.

Pomůcky

- Počítač se softwarem pro 3D modelování;
- 3D tiskárna;
- transparentní materiál pro 3D tisk.

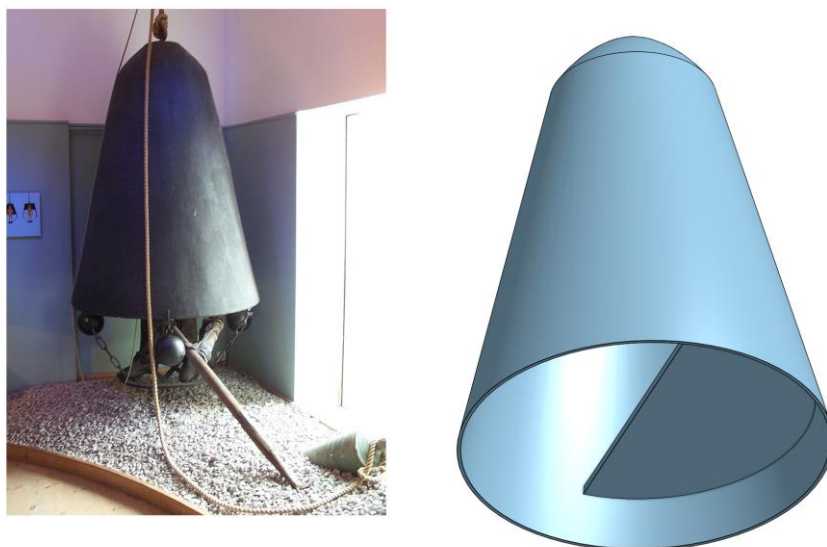
Pracovní postup

Potápěčský zvon se vytiskne na 3D tiskárně podle 3D modelu (Obrázek 51). Hotový model je ke stažení na webu Thingiverse [34].



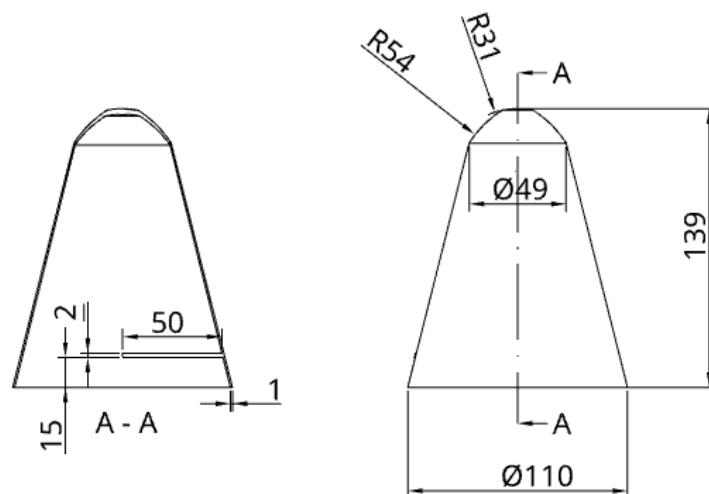
Obrázek 51: Zvon vytištěný na 3D tiskárně

Model (Obrázek 52) vychází z potápěčského zvonu, který je vystaven v námořním muzeu, ve městě Karlskrona, ve Švédsku (Obrázek 52) [35].



Obrázek 52: Porovnání potápěčského zvonu vystaveného ve Švédsku, převzato z [35] s 3D modelem [34]

Inovace zvonu spočívá v přidání podstavce na svíčku. Základní rozměry tohoto modelu jsou zobrazeny ve výkresu (Obrázek 53). Kromě hlavního pohledu na zvon je na výkresu i řez zvonem, na kterém je přehledně vidět podstavec pro svíčku.



Obrázek 53: Výkres 3D modelu Švédského potápěčského zvonu

Rozpočet

Jediné náklady spojené s výrobou aparatury jsou spojené s 3D tiskem zvonu. Pro vytisknutí transparentního zvonu lze použít transparentní PLA tiskovou strunu (filament). Cena za 1 kg této struny byla v době psaní práce 579 Kč včetně DPH. Hmotnost výtisku je 53 g. Náklady na vytištění jednoho zvonu činí 30,68 Kč.

3.3.5 Pokus

Pomůcky

K provedení pokusu je nutné připravit následující pomůcky.

- Akvárium;
- voda;
- čajová svíčka;

- zapalovač, nebo zápalky;
- potápěčský zvon.

Postup přípravy pokusu

1. Do akvária se napustí voda.

Postup provedení pokusu

1. Zapalovačem, nebo zápalkami se zapálí svíčka.
2. Zapálená svíčka se vloží do připraveného potápěčského zvonu (Obrázek 54).



Obrázek 54: Hořící svíčka ve zvonu

3. Potápěčský zvon se zapálenou svíčkou se ponoří do akvária (Obrázek 55).



Obrázek 55: Potápění zvonu

4. Zvon se celý ponoří do vody. Po ponoření se sleduje plamen svíčky (Obrázek 56), který hoří díky přítomnosti kyslíku ve zvonu. Plamen po chvíli zhasne.



Obrázek 56: Hořící plamen svíčky v potopeném zvonu

Diskuze

Při provádění pokusu je nutné zvon potápět tak, aby jeho spodní okraj byl rovnoběžný s hladinou vody. Tím se zabrání natečení vody do zvonu a uhašení svíčky.

Při ponoření zvonu tak, že se spodní okraj zvonu dotýká dna, dojde po dohoření svíčky k přísátí zvonu ke dnu akvária (Obrázek 57).



Obrázek 57: Přísátý zvon ke dnu akvária

Závěr

Během pokusu bylo dokázáno, že plynné látky vyplňují celý objem nádoby, ve které se nacházejí.

3.4 Objev infračerveného záření

3.4.1 Cíl pokusu

Dokázat existenci infračerveného záření s využitím běžně dostupných školních pomůcek.

3.4.2 Historie pokusu

Světlo jako elektromagnetické záření

Anglický teoretický fyzik James Clerk Maxwell vytvořil v letech 1855–1864 dynamickou teorii elektromagnetického pole. V roce 1873 vydal Pojednání o elektřině

a magnetismu. V tomto díle shrnul všechny poznatky z elektrodynamiky do čtyř rovnic, po něm nazvaných [36].

Z těchto rovnic vyplývá existence elektromagnetických vln. Rovněž ukázal, že světlo je pouze jedním rozruchem v elektromagnetickém poli [36]. Z Maxwellových rovnic tedy vyplynulo, že světlo je elektromagnetické vlnění v rozsahu jediné oktávy, tedy od 0,4 do 0,8 mikrometru [36].

Existenci elektromagnetických vln experimentálně potvrdil Heindrich Rudolf Hertz. Dokázal, že tyto vlny mají stejné vlastnosti jako světlo (rychlost šíření, lom, odraz, polarizace) [36].

Rozklad světla na spektrum

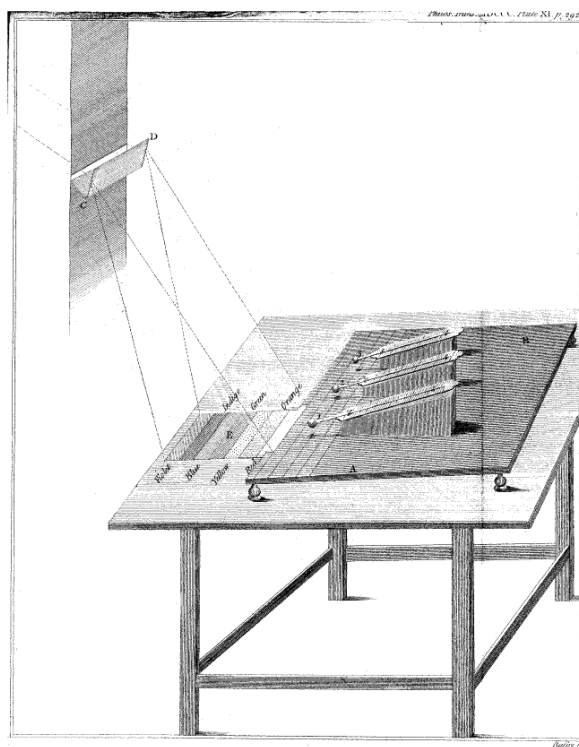
Jedním z prvních fyziků, kteří zkoumali disperzi bílého světla na hranolu, byl český lékař Jan Narcus Marci z Kronlandu. Ve svém spise *Thaumantias liber de arcu coelesti* popsal výsledky svých optických studií. Uvádí zde, že různým barvám světla přísluší různé úhly lomu. Dále zjistil, že jednoduché barevné paprsky se při průchodu dalším hranolem už nerozkládají. Rozklad bílého světla na spektrum byl znám již Johannesovi Keplerovi a Francescu Mariu Grimaldinu [36].

Pokusy s rozkladem bílého světla na hranolu a opětovným skládáním barevných paprsků na světlo bílé prováděl Isaac Newton. Ve svém díle *Optica* popsal 7 základních spektrálních barev a podal detailní výklad pozorovaných jevů [36].

Záření mimo viditelné spektrum

Při experimentování s katodovými paprsky objevil Wilhelm Conrad Röntgen nový druh paprsků, které nazval paprsky X, tyto paprsky byly později přejmenovány na rentgenové [36].

Infračervené záření objevil v roce 1800 William Herschel [36] při měření teploty různých barev světelného spektra (Obrázek 58) [37]. Ultrafialové záření objevil v roce 1802 Johann Wilhelm Ritter [36].



Obrázek 58: Původní uspořádání Herschelova pokusu, převzato z: [38]

3.4.3 Teorie

Elektromagnetické záření (vlnění)

Elektromagnetické vlnění se skládá ze dvou navzájem neoddělitelných složek (elektrické a magnetické). Tyto složky jsou na sebe kolmé. Elektromagnetické vlnění je nositelem energie [12].

Elektromagnetické vlnění charakterizuje jeho vlnová délka (λ). Podle vlnové délky ve vakuu nebo frekvence f elektromagnetického vlnění rozlišujeme několik druhů elektromagnetického záření. Souhrn těchto druhů vytváří spektrum elektromagnetického záření [23].

Mezi jednotlivými druhy elektromagnetického záření nejsou ostré hranice. Přechody jsou plynulé, nebo se jednotlivé oblasti překrývají [23].

Jednotlivé druhy záření jsou:

- rádiové vlny;
- mikrovlnné záření;
- infračervené záření;
- viditelné světlo;
- ultrafialové záření;
- rentgenové záření;
- záření gama [12; 23].

Infračervené záření

Infračervené záření zaujímá prostor mezi nejkratšími radiovými vlnami ($\lambda = 10^{-3}$ m) a světlem ($\lambda > 760$ nm). Zdrojem tohoto záření jsou tělesa zahřátá na vyšší teplotu. Při pohlcování infračerveného záření dochází k tepelné výměně a ozařované těleso se zahřívá [23].

Infračervené záření se hojně využívá ve spotřební elektronice. Dálkové ovladače jsou postavené na principu zachycení signálu (infračerveného paprsku). Ovladač vysílá a následně přijímá infračervený paprsek. Po porovnání obou paprsků přístroj nastaví požadované vlastnosti, nebo zobrazí naměřené veličiny [12].

Na vizualizaci infračerveného záření jsou založeny termokamery. Termokamery se využívají v průmyslu na hledání teplených úniků z budov, nebo na vyhledávání ztracených osob [12].

3.4.4 Aparatura

Pomůcky

Aparatura se skládá z prvků, které jsou běžně dostupné v soupravách Meopta pro pokusy z optiky.

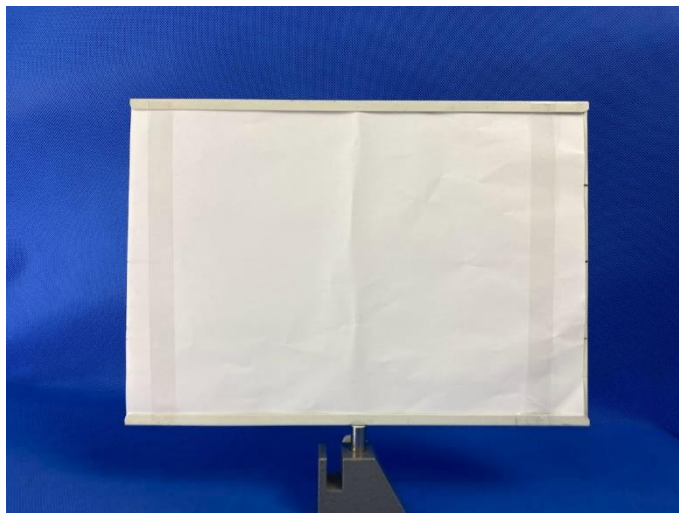
Před sestavením je nutné připravit následující komponenty.

- Laboratorní zdroj elektrického napětí;
- optická lavice;
- zdroj bílého světla;
- clona se štěrbinou (pokud není štěrbinou součástí zdroje světla);
- spojná čočka (+10 cm);
- podstavec na optický hranol;
- optický hranol;
- bílá projekční plocha;
- list papíru formát A4;

- lepicí páska;
- nůžky;
- metr;
- fix.

Pracovní postup

1. Na projekční plochu se umístí list čistého bílého papíru. Papír se zafixuje pomocí lepicí pásky (Obrázek 59).



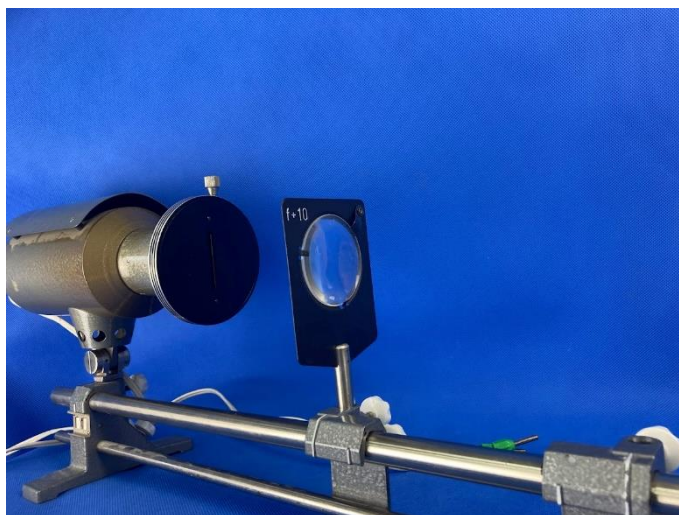
Obrázek 59: Upravená projekční plocha

2. Na světelný zdroj se nasadí štěrbin.
3. Upravený světelný zdroj se umístí na jeden konec optické lavice (Obrázek 60).



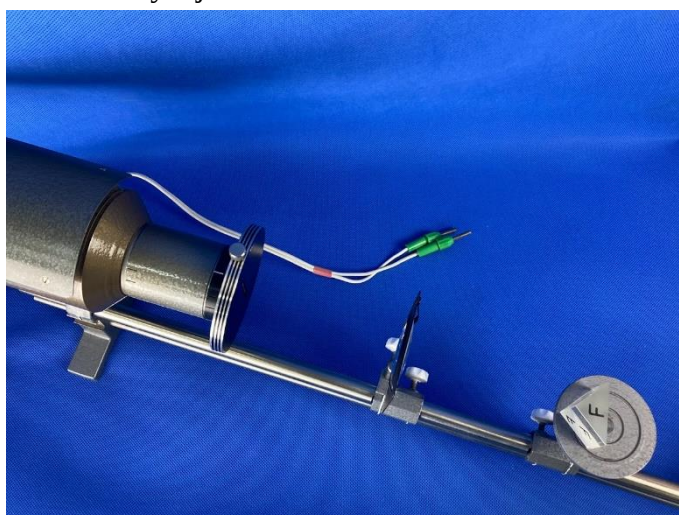
Obrázek 60: Světelný zdroj na optické lavici

4. Před světelný zdroj se umístí spojná čočka (Obrázek 61).
Je vhodné si napřed metrem odměřit polohu, ve které by měla čočka být. Vychází se z ohniskové vzdálenosti čočky.



Obrázek 61: Přidání spojně čočky

5. Na optickou lavici před spojnou čočku se umístí podstavec na optický hranol. Jeho pozice se odměří pomocí metru podle ohniskové vzdálenosti čočky.
 6. Na stojánek se umístí optický hranol.
- Výsledky kroků 5-6 zachycuje Obrázek 62.



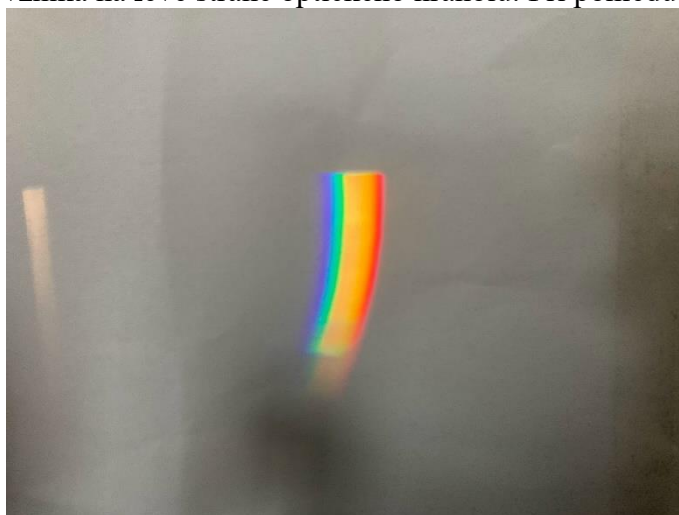
Obrázek 62: Umístění optického hranolu

7. Zdroj světla se připojí ke zdroji stejnosměrného elektrického napětí (12 V) a rozsvítí se.
8. Upraví se výška čočky. Čočka musí být v takové výšce, aby úzký svazek bílého světla procházel čočkou a dopadal na optický hranol. Důležité je i správné natočení jednotlivých komponent. Světlo musí soustavou procházet po přímce (Obrázek 63).



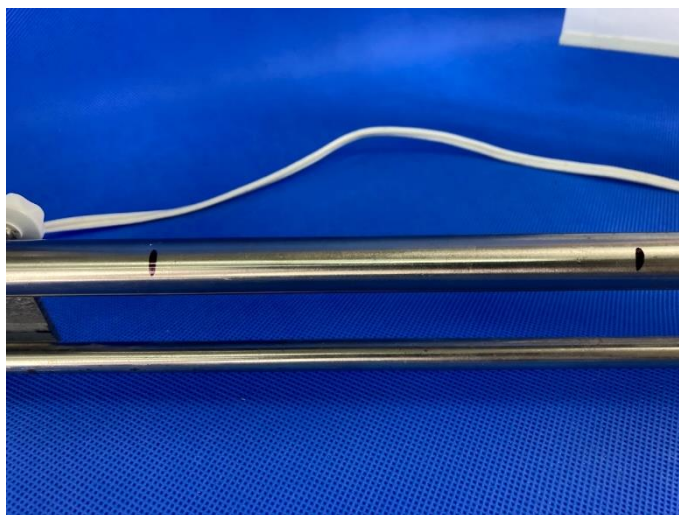
Obrázek 63: Průchod světla jednotlivými komponentami

9. Na projekční plochu se zachytí světelné spektrum (Obrázek 64). Světelné spektrum vzniká na levé straně optického hranolu. Při pohledu od zdroje světla.



Obrázek 64: Rozložené bílé světlo

10. Fixem se označí správná pozice jednotlivých komponent na optické lavici (Obrázek 65). Je nutné označit si pozici všech komponent z jedné strany. Označení pozic výrazně usnadní opětovnou přípravu pokusu.



Obrázek 65: Označená optická lavice

Rozpočet

Na přípravu této aparatury není potřeba nic kupovat. Všechny použité komponenty jsou běžně dostupné v kabinetech fyziky.

3.4.5 Pokus

Pomůcky

K provedení pokusu je nutné připravit si následující pomůcky.

- Aparatura pro rozklad světla na spektrum;
- lepicí páska;
- 2 bodové teploměry (Vernier Go Direct Surface Temperature Sensor);
- teploměr (Vernier Go!Temp);
- notebook se softwarem Vernier Graphical Analysis.

Postup přípravy pokusu

1. Bílé světlo se pomocí aparatury rozloží na světelné spektrum (Obrázek 64).
2. Světelné spektrum se zachytí na projekční plochu, na které je připevněný bílý papír.
3. Teploměr Go!Temp se přiloží mimo spektrum.
4. Jeden bodový teploměr se pomocí izolepy zafixuje do středu světelného spektra.
5. Druhý bodový teploměr se přilepí izolepou na okraj spektra vedle červené barvy. Při lepení teploměrů je důležité, aby izolepa nezakrývala termistor, který je na konci čidla. Možné zafixování teploměrů zobrazuje Obrázek 66.



Obrázek 66: Bodové teploměry přilepené k papíru

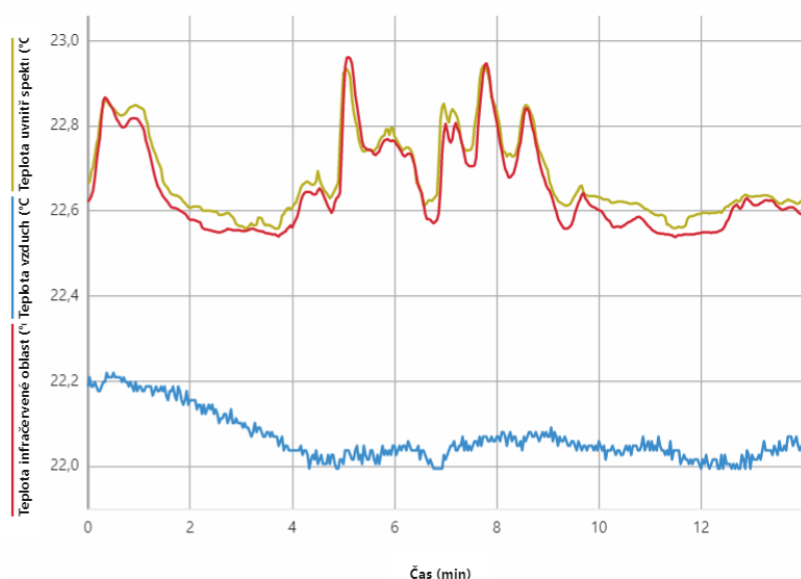
6. Teplotní čidla se propojí s počítačem.

Postup provedení pokusu

1. Doba sběru dat se nastaví na 30 minut.
2. Spustí se měření.
3. Po uplynutí 30 minut se výsledky vyhodnotí.

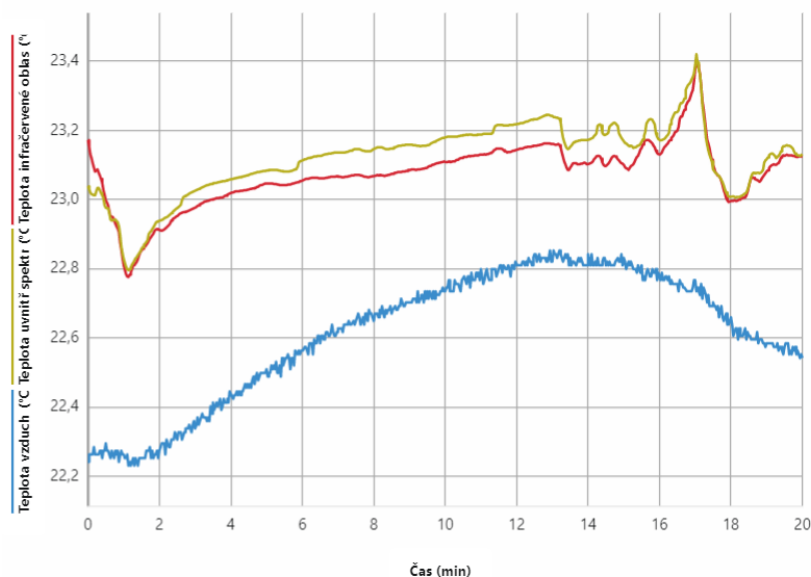
Diskuze

Měření bylo prováděno s optickým hranolem vyrobeným z flintového skla. Během měření nebyla naměřena zvýšená teplota v infračervené oblasti, jak bylo předpokládáno. Teplota v infračervené oblasti se výrazně nelišila od teploty uvnitř světelného spektra. Průběh měření teploty při využití optického hranolu z flintového skla zobrazuje Obrázek 67.



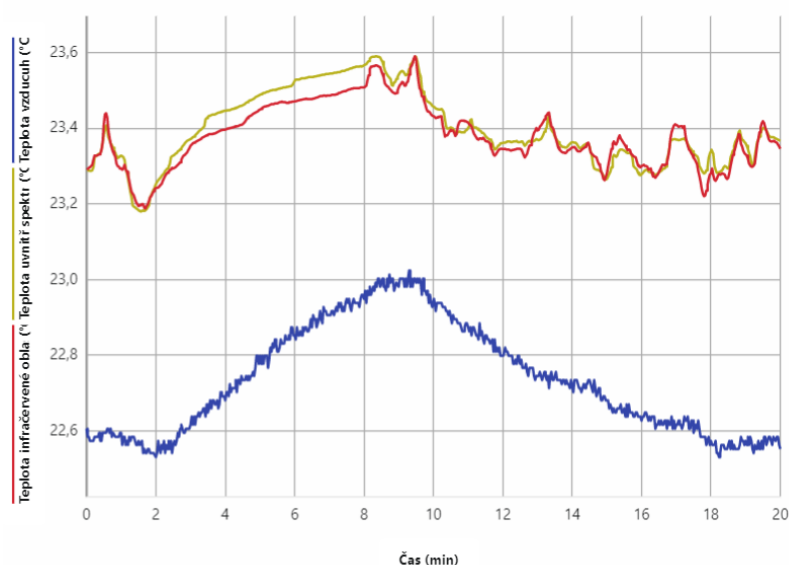
Obrázek 67: Závislost teploty infračervené oblasti spektra na čase (flintový hranol, zdroj 12 V)

Následující měření bylo provedeno s flintovým hranolem, ale došlo k výměně zdroje světla. Aparatura se upravila tak, že místo laboratorního zdroje světla byla použita žárovka o příkonu 200 W, která byla připojena ke zdroji elektrického napětí o velikosti 230 V. Při použití žárovky o příkonu 200 W došlo ke zvýšení teploty ovzduší, ale teplota v infračervené oblasti se výrazně nelišila od teploty uvnitř světelného spektra (Obrázek 68).



Obrázek 68: Závislost teploty infračervené oblasti spektra na čase (flintový hranol, žárovka 200 W 230 V)

Další měření bylo provedeno opět se žárovkou o příkonu 200 W připojenou ke zdroji střídavého elektrického napětí o velikosti 230 V. Optický hranol z flintového skla byl nahrazen hranolem z korundového skla (Obrázek 69). Výsledek měření se výrazně neliší od měření s optickým hranolem zhotoveným z flintového skla.



Obrázek 69: Závislost teploty infračervené oblasti spektra na čase (korundový hranol, žárovka 200 W 230 V)

Při dalším měření došlo k nahrazení bodových teploměrů lihovými teploměry. Jeden teploměr byl umístěn do infračervené oblasti, jeden do světelného spektra a jeden mimo světelné spektrum. Měření bylo prováděno po dobu 30 minut. Během měření nedošlo k rozdílnému zvýšení teploty v infračervené oblasti oproti předchozím měřením s termistorem.

Závěr

Během pokusu byla prokázána zvýšená teplota v oblasti infračerveného záření, srovnatelná se zvýšenou teplotou uvnitř viditelného spektra, oproti okolí. Při jednotlivých měřeních se nepodařilo naměřit vyšší teplotu v infračervené oblasti než v oblasti viditelného spektra.

3.5 Měření rychlosti zvuku

3.5.1 Cíl pokusu

Změřit rychlost zvuku ve vzduchu.

3.5.2 Historie pokusu

Měření rychlosti zvuku v plynných látkách

Již v dávných dobách došli lidé pozorováním běžných jevů k závěru, že rychlost, kterou se zvuk šíří ve vzduchu, je konečná. Šířením zvuku ve vzduchu a vzduchoprázdnu se zabýval i Otto von Guericke [39], který sestrojil první vývěvu [30; 39].

Guericke provedl pokus, ve kterém dokázal, že zvuk se nešíří ve vzduchoprázdnu. Do recipientu vývěvy umístil hodinový stroj, zvonek a paličku. Díky hodinovému stroji palička uhodila do zvonu každých 30 minut. Po vyčerpání vzduchu z recipientu nebyly údery na zvon slyšet [39].

Experimenty, které přinesly první kvalitativní (číselné) výsledky proběhly až v 17. století. První pokusy s měřením rychlosti zvuku ve vzduchu prováděli Marin Mersenne (1640) a Pierre Gassendi. Oba došli k rychlosti $448 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ [39].

V roce 1656 určili Giovanni Alfonso Borelli a Vincenzo Viviani rychlost zvuku ve vzduchu $350 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ [39].

Metoda měření rychlosti zvuku, která byla použita při těchto prvotních pokusech, se stala základem pro všechna další měření. Pro měření bylo zapotřebí určit 2 vzdálená, navzájem viditelná stanoviště. Na jednom stanovišti vystřelil střelec ze zbraně. Pozorovatel na druhém stanovišti měřil čas mezi zahlédnutím záblesku ze zbraně a slyšitelným výstřelem. Experiment bylo nutné provádět za jasného dne a za bezvětří. Rychlosti zvuku se v teoretické rovině věnoval i Isaac Newton. [39].

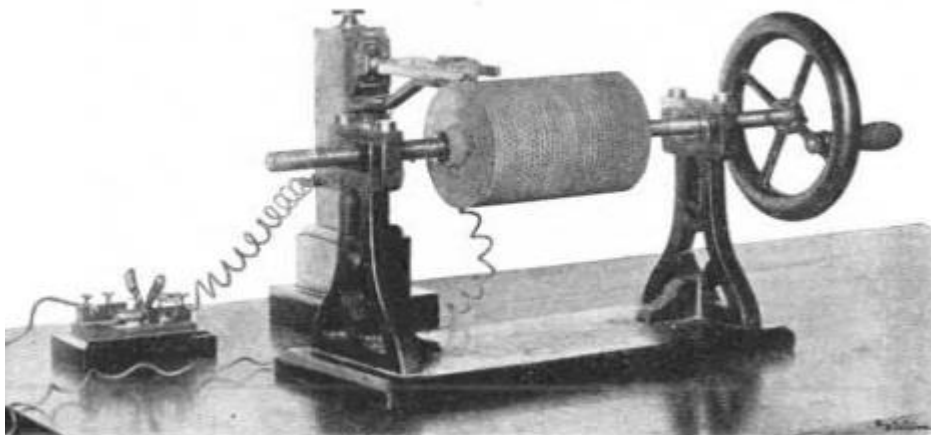
Na počátku 18. století se měření rychlosti zvuku věnovalo velké množství tehdejších vědců. V roce 1700 naměřil Robert Boyle rychlost $366 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Giovanni Domenico Cassini, Christiaan Huygens, Auguste Piccard a Ole Christensen Rømer naměřili kolem roku 1700 rychlost $356 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Edmund Halley naměřil v roce 1709 $348 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ [39].

Rozsáhlý experiment provedli na Pařížské akademii věd v roce 1738. Ze dvou pevností (Montmartre a Montlhéry) docházelo v půl hodinových intervalech ke střídavým výstřelům z děla. Na vzdálených pozorovatelnách (hvězdárna, mlýn Fontenay-aux-Roses, zámek Lay) byla prováděna měření. Větší počet pozorovatelů byl zvolen z důvodu ověření, že pro různé vzdálenosti vychází stejná rychlost zvuku. Experiment byl prováděn za klidných březnových nocí. Vítr byl slabý a proměnlivý, čímž měl být eliminován jeho účinek. Během experimentu byla naměřena rychlost zvuku $332 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ [39].

Experimenty vedoucí k změření rychlosti zvuku se prováděly na různých místech světa. V roce 1740 prováděl Charles Marie de La Condamine experimenty v Jižní Americe v Quito (nadmořská výška 2 850 m. n. m.). Zde naměřil rychlost $339 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Pokusy prováděl i v Cayenne na mořském pobřeží při vysoké teplotě. Zde naměřil $357 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ [39]. Experimenty, založené na principu pozorování výstřelu a měření doby za kterou pozorovatel výstřel uslyší, se bez větší obměny prováděly i v následujících letech. Vždy bylo dosaženo přibližně stejné rychlosti zvuku [39].

Experiment modifikoval až Henri Victor Regnault v letech 1862–1866. Regnault správně určil nedostatek původního experimentu. Největším nedostatkem bylo měření doby, za kterou pozorovatel uslyší výstřel. I když čas měřilo více pozorovatelů současně, jejich výsledky značně ovlivnila rychlost jejich reakce. Tuto chybu měl eliminovat nový princip měření, při kterém mělo stávající subjektivní princip měření nahradit měření objektivní [39].

Regnault sestrojil důmyslné zařízení. Toto zařízení využívalo chronograf. Chronograf se skládal z ladičky, která „psala“ na „začazený“ válec. Ladička byla udržována ve stálém chvění pomocí elektromagnetického pole. (Obrázek 70) [39].



Obrázek 70: Chronograf, převzato z: [40]

Pomocí kyvadla lze určit, kolik kmitů ladička vykoná za sekundu, a z toho určit její frekvenci [40]. Při počátku měření došlo k uzavření elektrického obvodu. Pomocí složitěho mechanismu došlo k automatickému výstřelu z bambitky a nakreslení značky na válec. Na druhé stanici byl umístěn přístroj, který reaguje na zvukové vlny (kaučuková blána). Při příchodu zvukové vlny na blánu došlo k jejímu průhybu a uzavření dalšího elektrického obvodu. Po uzavření obvodu se na válec nakreslila další značka [39].

Régnault své pokusy prováděl ve volném prostranství, ale i ve válcových trubcích. K tomu využil výstavbu nového Pařížského plynovodu a vodovodu. Výhodou tohoto potrubí byla délka, se kterou mohl experimentovat. U plynovodu to bylo až 3,625 km, u vodovodu 4,9 km. Svými experimenty určil Régnault rychlost zvuku ve vzduchu na $330,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ [39].

Měření rychlosti zvuku v kapalných látkách

Měření rychlosti zvuku ve vodě provedli v roce 1827 Jean-Daniel Colladon a Jacques Charles François Sturm. Měření provedli na Ženevském jezeře. Pozorovací stanice byly na dvou lodích zakotvených v přístavech měst Rolle a Thonon-les-Bains. Mezi těmito městy má jezero největší šířku (16,457 km) [39].

Na jedné lodi došlo k úderu do zvonu, který byl ponořený ve vodě. Pomocí pákového mechanismu došlo ve stejném okamžiku k zapálení hromádky střelného prachu a k záblesku, který byl dobře viditelný z druhé lodě [39].

Na druhé stanici, která sloužila k pozorování, bylo ve vodě ponořené naslouchátko. Naslouchátko bylo zavedeno do sluchovodu člověka. Člověk s naslouchátkem pozoroval záblesk z druhé stanice. Opoždění optického signálu od akustického bylo průměrně 9,4 s [39].

Během experimentu byla naměřena rychlost zvuku ve vodě $1\,438 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Teplota vody byla $8,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ [39].

3.5.3 Teorie

Zvuk

Zvuk je mechanické vlnění v látkovém prostředí, které je schopno vyvolat v lidském uchu sluchový vjem [23].

Zvuk člověku zprostředkovává informace o okolním světě. Celý tento děj přenosu informací si můžeme představit jako následující přenosovou soustavu, která má 3 základní části:

1. zdroj zvuku;
2. prostředí, kterým se zvuk šíří;
3. přijímač zvuku [23].

Lidské ucho vnímá zvuk v rozsahu 16–20 000 Hz. Většina zvířat vydává i vnímá zvuk v jiném frekvenčním rozsahu než člověk [22].

Zvuk o frekvenci nižší než 16 Hz nazýváme **infrazvuk**. Vzniká v některých technických zařízeních (otáčení rotorů větrných elektráren). Dorozumívají se jím i někteří velcí savci například velryby, nebo sloni [22].

Zvuk o frekvenci vyšší než 20 000 Hz nazýváme **ultrazvuk**. Ultrazvuk vydávají například delfini nebo netopýři. Využívá se v laboratořích například na čištění předmětů. V medicíně se ultrazvuk využívá k neinvazivním vyšetřením vnitřních orgánů [22].

Rychlost zvuku

Zvuk se ve vzduchu šíří jako postupné podélné vlnění. Rychlost zvuku ve vzduchu je za běžných podmínek $340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Zvuk se ve vzduchu šíří pomaleji než světlo [22].

Rychlost zvuku ve vzduchu ovlivňuje jeho složení (nečistoty, vlhkost) a teplota. Ve vzduchu o teplotě t má zvuk rychlost v (Vztah 4)

$$v = (331,82 + 0,61\{t\}) \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}. \quad (4)$$

V kapalinách a pevných látkách se zvuk šíří rychleji než v látkách plyných [23].

Výpočet rychlosti

Rychlost je jedna z veličin popisující pohyb. U rovnoměrného pohybu se rychlost určí jako podíl dráhy s a času pohybu t (Vztah 5)

$$v = \frac{s}{t}. \quad (5)$$

Jednotkou rychlosti je metr za sekundu ($\frac{\text{m}}{\text{s}}$) [22].

3.5.4 Aparatura

Pomůcky

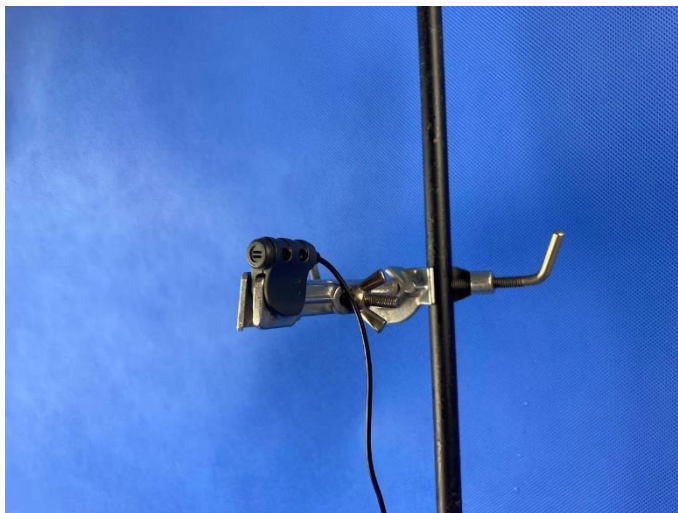
Pro přípravu aparatury je nutné připravit následující pomůcky.

- 2 stativy;
- 2 klopové mikrofony (Zalman ZM-MIC1);
- 2 externí zvukové karty (Creative Labs Sound Blaster Play! 3);
- notebook.

Pracovní postup

Zapojení

1. Do dvou USB portů notebooku se připojí externí zvukové karty.
2. Do portu pro mikrofon na externích zvukových kartách se připojí klopové mikrofony. Do každé karty se připojí jeden mikrofon.
3. Klopové mikrofony se přidělají ke stativům (Obrázek 71).



Obrázek 71: Připevnění mikrofonu ke stativu

Příprava programů

Při prvním provádění pokusu se musí nainstalovat a korektně nastavit 2 programy, které jsou potřebné pro úspěšné provedení pokusu.

Nahrávat zvuk ze dvou mikrofonů současně umožňuje program OBS Studio, který je k dispozici pro počítače s operačním Windows, Ubuntu i macOS. OBS Studio je k dispozici zdarma pod licencí GNU a je lokalizován do českého jazyka [41].

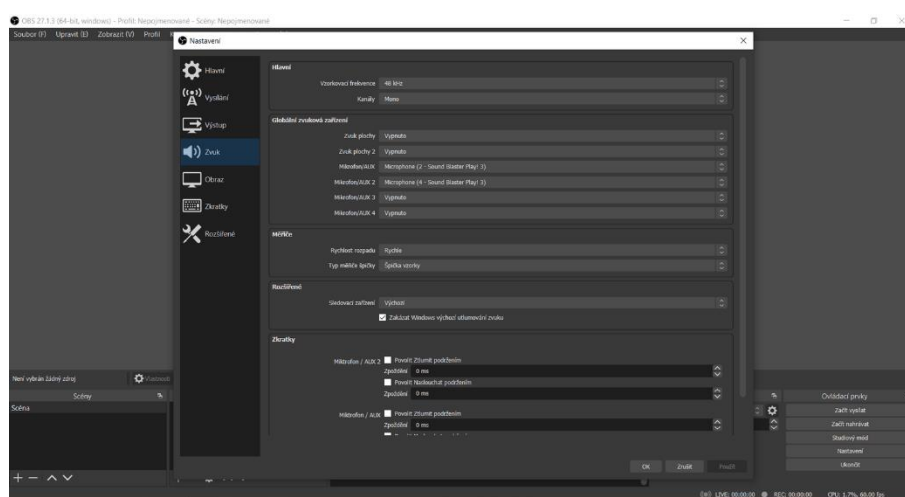
Výstupním formátem z OBS Studio je MKV. Jedná se o otevřený multimediální video typ souboru [42]. MKV, taky známý jako Matroska Video, může pojmout celou řadu videa, audia a titulků v jednom souboru. Tento typ souboru byl vyvinut v Rusku v roce 1992 [43].

Ke zpracování výsledných zvukových stop slouží program Audacity. Audacity je k dispozici pro počítače s operačním systémem Windows, macOS i operační systémy založené na Linuxu. Audacity je k dispozici pod licencí GPL. Audacity je stejně jako OBS studio lokalizován do českého jazyka [44].

OBS Studio

1. Z webu projektu OBS se stáhne OBS Studio [41]. Stáhnout lze instalační balíček (.exe), nebo portable verzi (.zip).
2. Po stažení a instalaci (.exe), nebo rozbalení komprimované složky (.zip) se spustí OBS Studio.
3. V OBS Studiu se otevře nastavení.
4. Rozklikne se Zvuk.
5. V sekci globální nastavení se provedou následující úpravy:
 - a. Zvuk plochy a Zvuk plochy 2 se nastaví na vypnuto.
 - b. Mikrofon/AUX se nastaví na jednu z externích síťových karet.
 - c. Mikrofon/AUX 2 se nastaví na druhou externí síťovou kartu.
6. V sekci Hlavní se nastaví kanály na Mono.
7. Změna nastavení se potvrdí kliknutím na tlačítko OK.

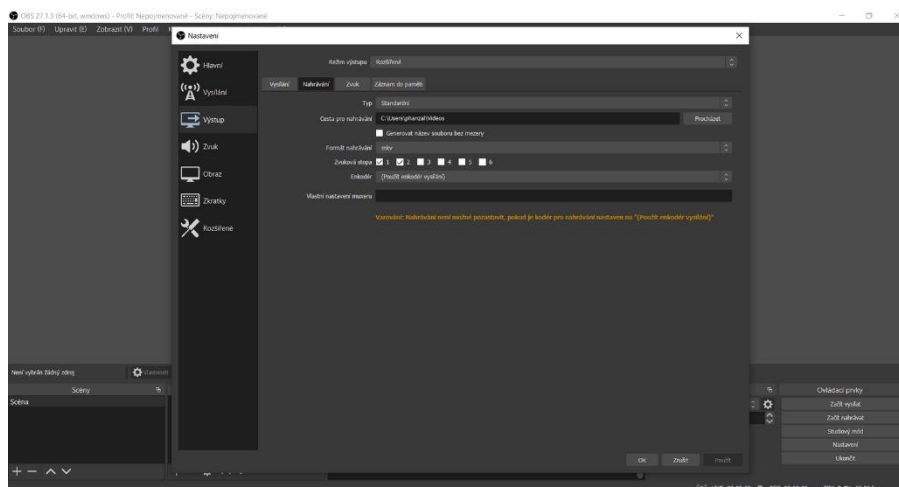
Kroky 3–7 zachycuje Obrázek 72.



Obrázek 72: Globální nastavení programu OBS Studio

8. Aplikaci je nutné restartovat.
9. Po restartu aplikace se znovu otevře nastavení.
10. Rozklikne se Výstup.
11. Režim nahrávání se změní na Rozšířeně.
12. Rozklikne se karta Nahrávání.
13. V části Zvuková stopa se zaškrtnou čísla 1 a 2.
14. Nastavení se uloží kliknutím na OK.

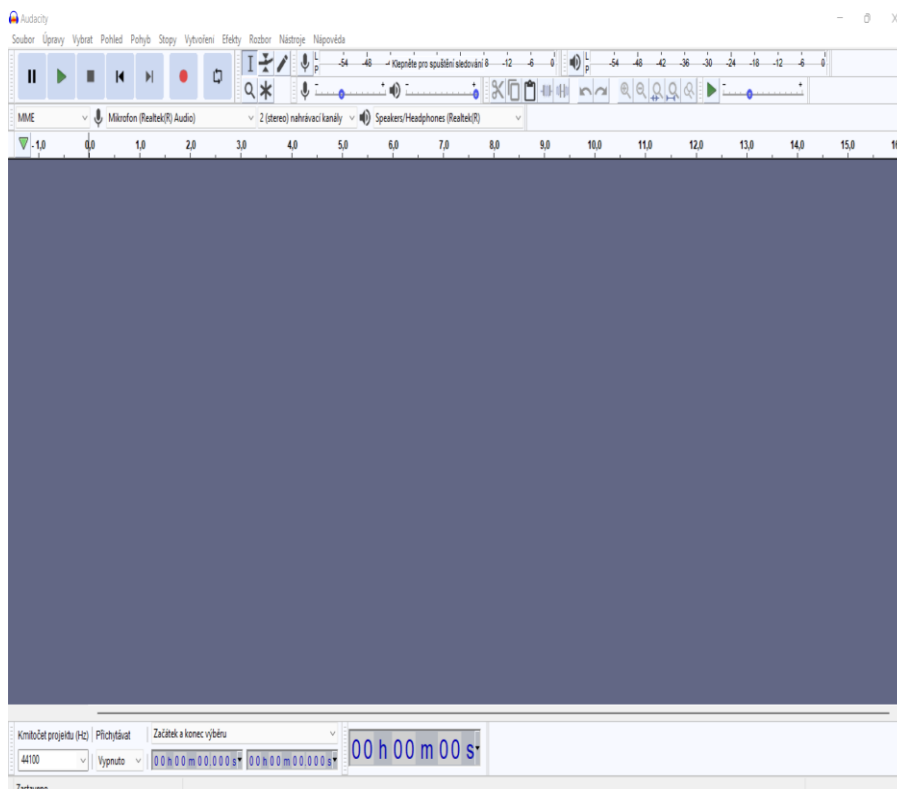
Kroky 9-14 zachycuje Obrázek 73.



Obrázek 73: Nastavení výstupu programu OBS Studio

Audacity

1. Z oficiálního webu se stáhne Audacity pro příslušný operační systém [44].
2. Audacity se nainstaluje standardním způsobem pomocí připraveného instalátoru.
3. Po úspěšné instalaci se spustí Audacity (Obrázek 74).



Obrázek 74: Program Audacity

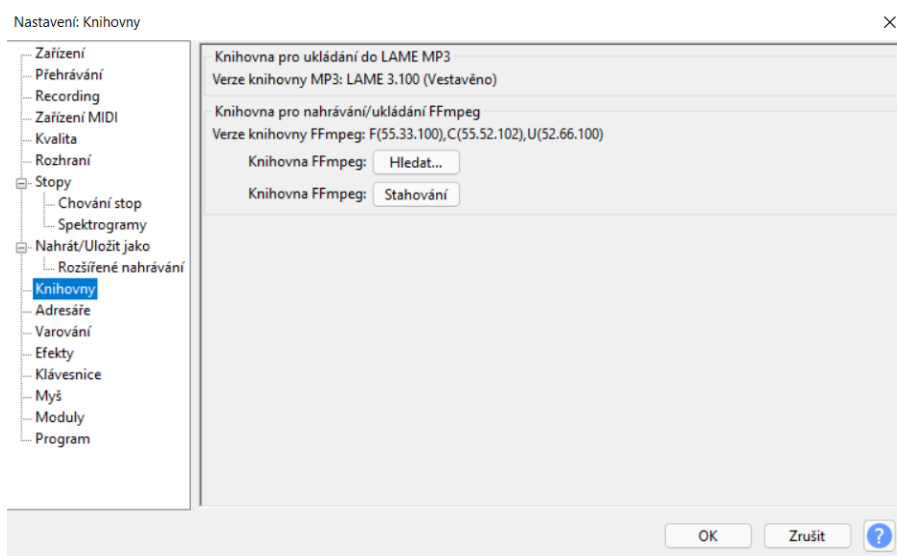
Vzhledem k tomu, že OBS studio nahrává videa ve formátu MKV, je nutné do Audacity nainstalovat knihovnu FFmpeg.

1. Otevře se webová stránka: <https://lame.buanzo.org/ffmpeg64audacity.php>.
2. Stáhne se instalátor FFmpeg.
3. Po stažení se instalátor spustí a nainstaluje se.

Správná instalace Ffmpeg lze ověřit následujícím způsobem:

1. v Audacity se rozkliknou úpravy;
2. vybere se nastavení;
3. v levé části nastavení se klikne na knihovny.

Pokud se knihovna nainstalovala správně, je zobrazena její aktuální verze (Obrázek 75).



Obrázek 75: Ověření instalace knihovny FFmpeg

Rozpočet

Všechny komponenty potřebné pro sestavení aparatury jsou dostupné v e-shopech. Přehled komponent včetně cen a odkazů na e-shopy obsahuje Tabulka 8.

Tabulka 8

Rozpočet na aparaturu pro měření rychlosti zvuku

Název v e-shopu	Počet kusů	Cena za kus	Odkaz
Creative Sound Blaster Play! 3	2	379 Kč	https://1url.cz/2Kb13
ZALMAN ZM-MIC1	2	235 Kč	https://1url.cz/oKb1V

Celkové náklady na sestavení aparatury pro měření rychlosti zvuku činí 1 228 Kč včetně DPH. V tabulce nejsou uvedené náklady na dopravu. Ceny odpovídají době vytváření práce.

3.5.5 Pokus

Pomůcky

Pro přípravu pokusu je nutné použít následující pomůcky.

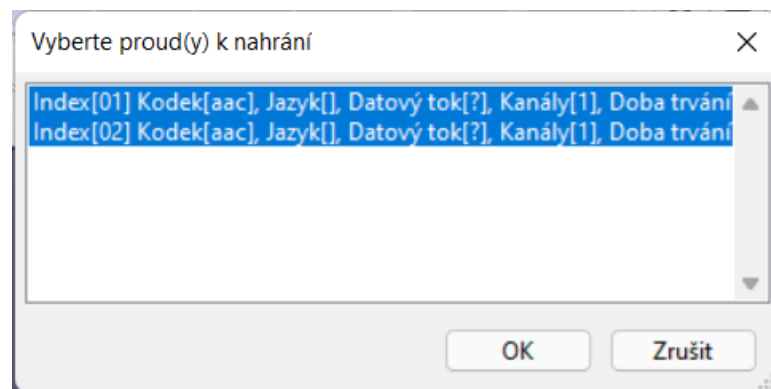
- Aparatura;
- metr nebo pásmo.

Postup přípravy pokusu

1. K přípravě pokusu se využije připravená aparatura.
2. Stativy s mikrofony se umístí na demonstrační stůl.
3. Metrem nebo pásmem se změří vzdálenost mezi mikrofony (postup popsany v práci odpovídá vzdálenosti 2,6 m).
4. Naměřená vzdálenost se zapíše na tabuli.
5. Zapne se notebook a spustí se všechny potřebné programy (OBS Studio a Audacity).

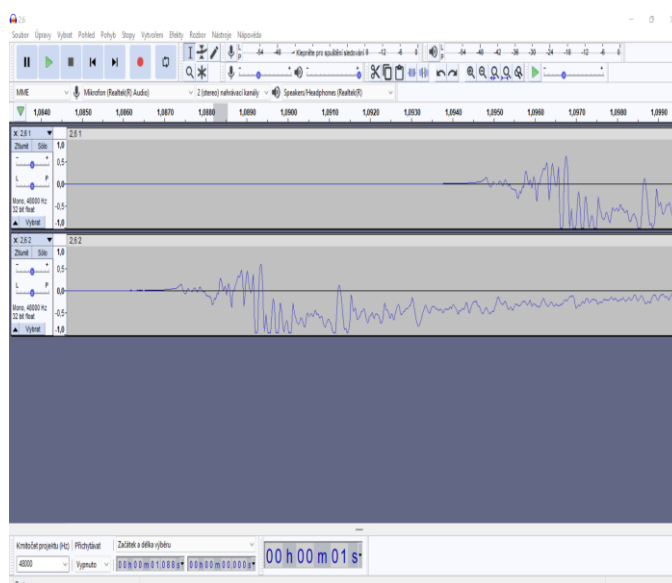
Postup provedení pokusů

1. V programu OBS Studio se zapne nahrávání.
2. Za jedním mikrofonom se jednou tleskne.
3. Vypne se nahrávání. Nahraný zvuk se automaticky uloží. Výchozí složkou pro ukládání je složka videa. Do složky videa lze vstoupit z nabídky Tento počítač (Windows 10 a 11).
4. Nahraný soubor se otevře v Audacity.
5. Při otvírání souboru je nutné vložit obě zvukové stopy. Je nutné označit obě stopy (levé tlačítko myši + Ctrl) (Obrázek 76).



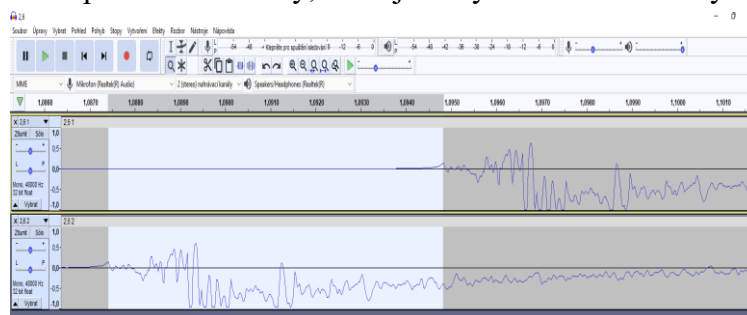
Obrázek 76: Vkládání zvukových stop do programu Audacity

6. Po označení obou stop se klikne na tlačítko OK.
7. Do Audacity se vloží 2 zvukové stopy, které jsou vzájemně posunuté (Obrázek 77).



Obrázek 77: Úspěšně vložené zvukové stopy

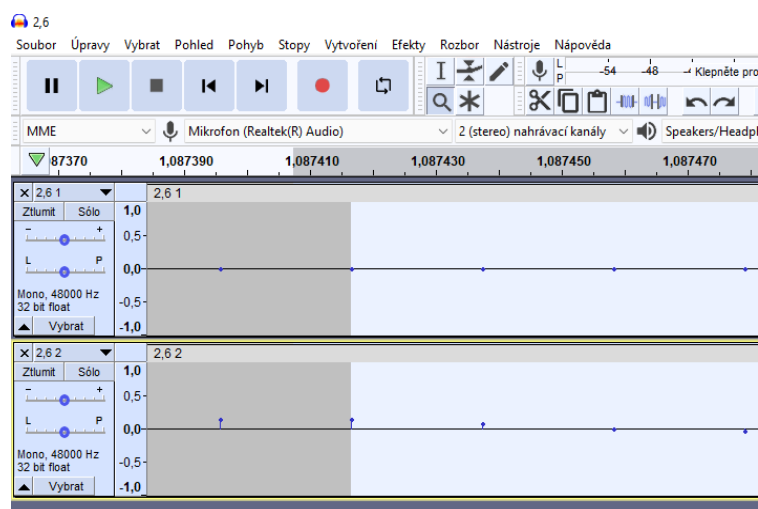
8. Je zapotřebí určit časový rozdíl mezi stopami.
9. Obě stopy se přiblíží pomocí nástroje lupa.
10. Nástrojem pro výběr se vybere oblast, o kterou jsou obě stopy posunuté. Vhodné je najít ve stopách takové body, které jsou výrazné a usnadní výběr (Obrázek 78).



Obrázek 78: Časový rozdíl mezi stopami

11. Obě stopy se pomocí lupy přiblíží na maximum. Na obou koncích se ověří, zda výběr začíná a končí na stejném místě.

12. Z měřítka, které je nad stopami se určí počáteční čas výběru (Obrázek 79). Tento čas se označí jako t_1 a zapíše se na tabuli.



Obrázek 79: Počátek zvukové stopy přiblížený na maximum

13. Stejným postupem se určí koncový čas. Tento čas se označí jako t_2 a zapíše se na tabuli.
14. Na tabuli se vypočítá čas t , o který jsou vlny posunuté (Vztah 6).

$$t = t_2 - t_1. \quad (6)$$

15. Pomocí Vztahu 5 se na tabuli vypočítá rychlost zvuku.

Diskuze

Při provádění pokusu nelze využít zvukový port počítače (Jack). Při použití jedné externí zvukové karty a vstupního portu počítače došlo k výraznému posunu zvukových stop, který mohl být způsoben právě rozdílnými vstupními zařízeními. Je vhodné využívat dvě stejné externí zvukové karty i stejnou verzi USB rozhraní.

Jako nevhodné se také ukázalo použití adaptéru na připojení 2 mikrofonů do jednoho vstupního portu. Operační systém automaticky spojuje obě zvukové stopy do jedné.

Komplikací při provádění pokusu může být složitá příprava a nastavování programů. Ideální řešení by bylo nahrávat zvuk přímo v programu Audacity a rovnou ho zpracovávat. V době vytváření této práce neumožňoval Audacity nahrávat zvuk ze dvou externích mikrofonů do dvou zvukových stop, ale spojoval stopy do sebe.

Externí mikrofony i zvukové karty jsou citlivé na okolní hluk, který může zkreslovat výsledky měření.

Měření bylo prováděno pro různé vzdálenosti mezi mikrofony při stálé okolní teplotě 25,6 °C. Jako ideální vzdálenost mezi mikrofony se ukázala vzdálenost 2,6 m. Při této vzdálenosti bylo dosaženo téměř ideální rychlosti zvuku. Naměřeno bylo 349 m·s⁻¹. Naměřená rychlost zvuku se jen mírně odchyluje od rychlosti zvuku, která vychází ze Vztahu 4. Při výpočtu rychlosti zvuku v závislosti na teplotě vyšlo pro teplotu 25,6 °C 346,45 m·s⁻¹.

Nepřesnosti měření mohou být způsobeny odečítáním časů ze stupnice v Audacity. I při maximálním přiblížení stop se ne vždy konce výběru překrývají se značkou na stupnici. Chyba může být způsobena i při komunikaci mikrofonu s počítačem pomocí USB sběrnice. Problémy mohou nastat i při ukládání a otevírání souboru s nahrávkou. Je důležité neposunout si zvukové stopy v Audacity.

Závěr

Během měření byly naměřené následující rychlosti zvuku (Tabulka 9).

Tabulka 9

Naměřené rychlosti zvuku

Číslo měření	s (m)	t ₂ (s)	t ₁ (s)	t (s)	v (m · s ⁻¹)
1	1,00	1,11	1,10	0,00401	250
2	2,00	0,946	0,939	0,00665	301
3	2,50	1,19	1,18	0,00805	310
4	2,60	1,09	1,09	0,00744	349
5	3,00	1,28	1,27	0,00804	373

Výpočet rychlosti zvuku v závislosti na teplotě byla vypočtená rychlost zvuku $346,54 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

3.6 Magdeburské polokoule

3.6.1 Cíl pokusu

Dokázat existenci atmosférického tlaku.

3.6.2 Historie pokusu

Objevování fyzikálních vlastností vzduchu

Základy aerostatiky položil v 17. století Evangelista Torricelli. Provedl známý Torricelliho pokus, kterým změřil tlak vzduchu. Blaise Pascal vyslovil tvrzení, že velikost tlaku vzduchu klesá s rostoucí výškou. Pascal následně formuloval Pascalův zákon [36].

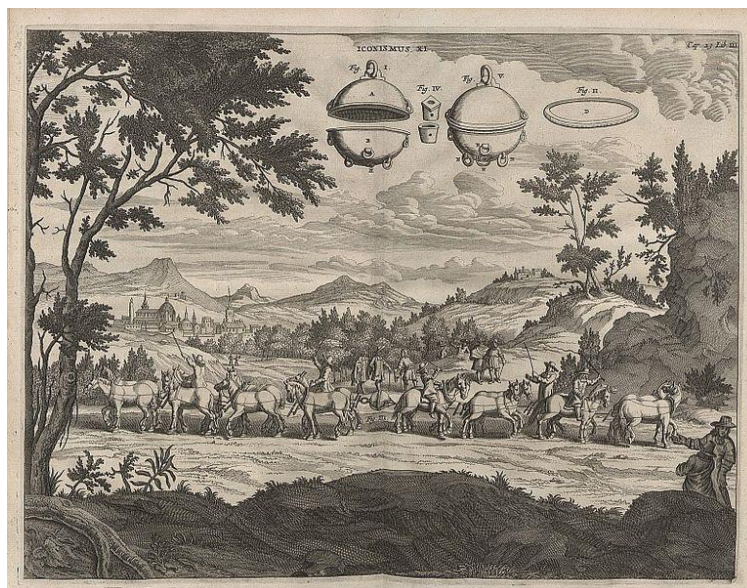
V polovině 17. století se o atmosférický tlak zajímal také Otto von Guericke, jenž byl purkmistrem v Magdeburgu. Inspiroval ho kapucínský mnich Valeriano Magni, který prezentoval Torricelliho pokus se rtutí u Varšavského dvora jako svůj vlastní objev [30].

Guericke místo rtuti použil vodu, jejíž sloupec vystoupal do výšky 10,33 metru. Za jasného počasí (nižšího atmosférického tlaku) vystoupil ještě výš. Před bouří sloupec klesl [30]. V roce 1650 vynalezl mechanickou (pístovou) vývěvu [36]. Bez této vývěvy mohl provádět své pokusy s vakuem pouze v prostoru nad hladinou vodního nebo rtuťového sloupce [30].

Magdeburské polokoule

Současná literatura se v přesném datování prvního provedení pokusu s Magdeburskými polokoulami rozchází. Otto von Guericke tento pokus poprvé provedl při zasedání říšského sněmu v Řezně roku 1654 [36; 45], nebo v roce 1656 [30].

První magdeburské polokoule byly měděné s průměrem 20 cm. Obě polokoule k sobě těsně přiléhaly a uvnitř byl odčerpáný vzduch. O jejich roztržení se pokusilo 6 magdeburských hromotluků. Ani přes povzbuzování publika se jim to nepodařilo. O rok později se o roztržení polokoulí pokoušelo 12 koní (Obrázek 80). Také selhali. Polokoule z roku 1661 měly průměr 60 cm a byly zhotovené z měděného plechu o tloušťce 2 cm. Na jejich rozdělení nestačilo ani 16 koní. Guericke později nechal postavit 2 metry vysokou šibenici, na níž pověsil spojené polokoule a ty postupně zatěžoval [30].



Obrázek 80: Dobová rytina zachycující provádění pokusu s Magdeburskými polokoulemi, převzato z: [46]

V Čechách poprvé předvedl pokus s Magdeburskými polokoulemi profesor lékařské fakulty pražské univerzity, Jan Antonín Scrinci, na nádvoří Břevnovského kláštera při návštěvě Marie Terezie v roce 1754 [30].

3.6.3 Teorie

Tlak v kapalinách a plynech

Tlak je skalární veličina. V libovolném místě určuje stav kapaliny, nebo plynu v klidu. Tlak p je definován vztahem (Vztah 7):

$$p = \frac{F}{S}, (7)$$

kde F je velikost síly, která působí kolmo na plochu o obsahu S . Jednotkou tlaku je **pascal** (Pa) [23].

Tlak vzduchu vyvolaný tíhovou silou

Mohutná vrstva vzduchu, která obklopuje naši planetu, se nazývá **atmosféra**. Všechny částice jsou k zemi přitahovány tíhovou silou. Díky tomuto silovému působení je atmosféra pevně spojena se zemí a koná s ní otáčivý pohyb. Výsledkem tohoto silového působení je **atmosférická tlaková síla** F_a [23].

Tlak vyvinutý atmosférickou tlakovou silou se nazývá **atmosférický tlak** p_a . Je obdobou hydrostatického tlaku v kapalinách p_h [23].

Atmosférický tlak se zmenšuje s rostoucí nadmořskou výškou. Experimentálně bylo zjištěno, že při vystoupení o 13 m se atmosférický tlak zmenší přibližně o 13 hPa. Atmosférický tlak se mění i v závislosti na povětrnostních podmínkách. Údaje o změnách atmosférického tlaku jsou podkladem pro předpověď počasí. Pro meteorologické účely byl stanoven **normální atmosférický tlak** (Vztah 8):

$$p_n = 1,013\,25 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 1\,013,25 \text{ hPa}. (8)$$

K měření atmosférického tlaku se využívají tlakoměry (barometry). Tlakoměry mohou pracovat i jako výškoměry [23].

Jev, při kterém je velikost tlaku v uzavřené nádobě vyšší než okolní atmosférický tlak, se nazývá **přetlak**. Opakem přetlaku je **podtlak**. Podtlak nastává ve chvíli, kdy je velikost tlaku v uzavřené nádobě nižší než velikost tlaku atmosférického [23].

3.6.4 Aparatura

Pomůcky

Na přípravu jedné aparatury jsou zapotřebí následující pomůcky.

- 2 gumové přísavky na sklo;
- 2 kroužky na klíče Ø 25 mm.

Pracovní postup

1. Otvorem v přísavce se provleče kroužek na klíče.
2. Druhá přísavka se upraví stejným způsobem (Obrázek 81).



Obrázek 81: Upravené gumové přísavky

Rozpočet

Gumové přísavky i kroužky na klíče jsou běžně dostupné v e-shopech. Přehled komponent, včetně cen a odkazů na e-shopy, obsahuje Tabulka 10.

Tabulka 10

Rozpočet na pokus s Magdeburskými polokoulemi

Název v e-shopu	Počet kusů	Cena za kus	Odkaz
Kroužek na klíče Ø 25 mm	2	3 Kč	https://1url.cz/tKcDj
Gumová přísavka	2	9 Kč	https://1url.cz/MKcDs

Celkové náklady na přípravu jedné aparatury činí 24 Kč s DPH. V tabulce nejsou uvedené náklady na dopravu.

3.6.5 Pokus

Pomůcky

Na přípravu pokusu je nutné použít následující pomůcky.

- Upravené přísavky na sklo.

Postup přípravy pokusu

1. Žáci se rozdělí do dvojic.

2. Každá dvojice dostane 2 upravené přísavky.

Provedení pokusu

1. Na pokyn vyučujícího se přísavky přiloží celou plochou k sobě a zmáčknou se.
2. Taháním za kroužky se žáci snaží přísavky rozdělit (Obrázek 82).



Obrázek 82: Oddělování přísavek

Diskuze

Pokus je možné realizovat frontálně bez složitých pomůcek – vývěvy, která na první pohled může působit jako černá skříňka. Není vidět, jakým způsobem vznikne podtlak. Využití přísavek je jednoduché a ilustrativní. Podtlak vznikne vytlačením vzduchu mezi přísavkami jejich mechanickým stlačením.

Další výhodou je cenová dostupnost pomůcek. Náklady na vytvoření jedné aparatury se pohybují v řádu korun. Cena Magdeburských polokoulí, které jsou k dispozici na internetu, je 3 537,79 Kč [47].

Závěr

Během pokusu došlo k ověření existence atmosférického tlaku, díky kterému u sebe držely gumové přísavky po stlačení.

4 Experimentální část

Experimentální část je zaměřena na ověření využití inovovaných historických pokusů ve výuce fyziky.

4.1 Předvýzkum

Cílem předvýzkumu je vymezit otázky a následně z nich sestavit dotazník pro učitele. Otázky byly stanoveny na základě pozorování učitelů a polostrukturovaných rozhovorů s učiteli.

4.1.1 Další vzdělávání učitelů fyziky 9. března 2022

První ověření Faradayova elektromotoru proběhlo ve středu 9. března 2022. Pokus s Faradayovým elektromotorem byl provedený před skupinou učitelů z praxe, kteří se zúčastnili dalšího vzdělávání učitelů fyziky (DVUF), pořádaného katedrou aplikované fyziky a techniky Pedagogické fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Pokus byl prováděn po ukončení oficiálního programu DVUF se skupinou osmi dobrovolníků, které tento pokus zaujal.

V první fázi byl skupině učitelů předveden pokus, který měl sloužit jako motivační prvek, aby se na akci zdrželi déle. Po provedení pokusu si učitelé mohli sestavit vlastní aparaturu, kterou by si odvezli domů. Této nabídce nikdo ze skupiny nevyužil. Všichni však souhlasili s neformálním rozhovorem o tomto pokusu a aparatuře.

Rozhovor s učiteli byl rozdělen do třech okruhů.

1. Využití pokusu v hodinách fyziky.

V první části rozhovoru učitelé diskutovali o využitelnosti pokusu v hodinách fyziky.

- Učitelé se shodli na demonstračním provedení pokusu učitelem, doprovázeným vhodným výkladem.
- Žádný ze zúčastněných učitelů si neumí představit frontální provedení pokusu samotnými žáky v běžné hodině fyziky, z důvodu náročnosti přípravy jednotlivých aparatur, pokud by je musel připravovat sám učitel.
- Během diskuze jeden z učitelů vyslovil názor, že by bylo možné aparatury sestavit se žáky v rámci dílen a pokus provádět v rámci projektové hodiny, nebo semináře z fyziky.
- Části učitelů by se pokus líbil jako součást fyzikální olympiády.

2. Návod na přípravu aparatury.

Učitelé si prohlédli vytištěné návody na přípravu aparatury, které byly připravené pro případ, že by si někteří vybrali možnost sestavit si vlastní aparaturu.

- Připravený návod se zúčastněným učitelům zdál dostatečně přehledný i srozumitelný.
- Obrázky byly všem jasné, i když byly vytištěny pouze černobíle.

3. Aparatura pro provedení pokusu.

V poslední části rozhovoru učitelé diskutovali o aparatuře pro provedení pokusu.

- Rozměry aparatury se učitelům zdají optimální.
- Napájecí napětí 9 V je podle učitelů bezpečné. Část učitelů by pouze nahradila baterii laboratorním zdrojem. Výměnou zdroje by se, podle učitelů, eliminoval problém s vybitými bateriemi.
- Učitelé diskutovali i o možnostech využití jiných materiálů na stavbu aparatury (LEGO, Merkur, ocelový stativ).
- Jeden z učitelů by dřevěnou desku nahradil deskou o větší tloušťce.
- Rozsáhlá diskuze se vedla o způsobu podložení magnetu. Učitelé měli největší problém s využitím ocelového hranolu. Největší problém

spatřovali ve složité přípravě a problematickém pořízení materiálu. Problém by mohlo odstranit zakoupení vyššího magnetu a vynechání ocelového hranolu. Učitelé by klidně spojili více magnetů, čímž by vznikl dostatečně vysoký magnet.

- V případě využití ocelového hranolu by bylo vhodné přilepit magnet ke dnu nádoby. Jako lepidlo by učitelé zvolili tavné lepidlo nebo silikon.
- Učitelé by si připravili solný roztok v jiné nádobě, kde by ho řádně rozmíchali a poté by ho přelili do nádoby s magnetem. Tím by se eliminovala rozlitá slaná voda na podložce aparatury.
- Jako nádobu by učitelé použili sklenici od svíčky.

Diskuze

Učitelé nechtějí nechat provádět pokus žáky, a to z důvodu složité přípravy. Tento problém by mohla odstranit příprava jednotlivých aparatur v rámci předmětu pracovní činnosti. Je zřejmé, že ne každá škola má možnost provést přípravu aparatur v dílnách, ale ve školách, jež dílnami disponují to jeví jako snadné řešení. Žáci by po provedení samotného pokusu mohli mít radost z odvedené práce.

Část učitelů by jako zdroj elektrického napětí využila laboratorní zdroj. Tento zdroj může být výhodný, protože se tím vyřeší problém s vybíjením baterií. Laboratorní zdroj však na žáky může působit jako černá skříňka a mohou v něm hledat skryté možnosti, proč se drát otáčí.

Učitelé navrhovali využít na stavbu aparatury stavebnici Merkur nebo ocelový stativ. Toto řešení by však mohlo být pro žáky nebezpečné. Celá aparatura by se po chybě při zapojování elektroinstalace mohla stát vodivou a způsobit úraz elektrickým proudem.

Závěr

Na základě diskuze s učiteli nedošlo k žádné úpravě návodu na stavbu aparatury. Jako vhodné se však ukázalo využití sklenice od svíčky místo kádinky. Dále pro někoho může být příjemnější rozmíchat si solný roztok v jiné nádobě a poté ho přelít do nádoby s elektrodou a magnetem.

V případě využití vyššího magnetu lze objednat magnet vysoký 40 mm [48].

4.1.2 Praktika školních pokusů 15. března 2022

Dne 15. března 2022 proběhlo další kolo ověřování. Ověřování proběhlo v rámci předmětu Praktika školních pokusů 2. Tento předmět navštěvují 4 studenti učitelství fyziky pro druhý stupeň základní školy. Žádný ze studentů zatím fyziku nevyučuje. Studentům byly předvedeny 2 pokusy: Faradayův elektromotor a potápěčský zvon. Po každém pokusu následoval rozhovor se studenty.

Faradayův elektromotor

Jako první byl studentům představen pokus s Faradayovým elektromotorem. Po historickém úvodu následovalo samotné provedení pokusu. Po demonstraci funkčního elektromotoru následoval fyzikální rozbor pokusu.

Rozhovor se studenty byl členěn do třech okruhů.

1. Využití pokusu v hodinách fyziky.

Studenti diskutovali o možnostech zařazení pokusu do výuky fyziky.

- Studenti si umějí představit demonstrační provedení pokusu učitelem s následným rozbohem.
- Jeden ze studentů by pokus využil i pro porovnání se současně využívanými elektromotory.

- Žádný z přítomných studentů si nedokáže představit frontální provedení pokusu samotnými žáky z důvodu náročné přípravy a možnosti úrazu elektrickým proudem.
- Žádný ze studentů by žáky nenechal sestavovat aparaturu pro provedení pokusu v hodině fyziky.

2. Návod na přípravu aparatury.

Studentům byly předloženy návody na přípravu aparatury a provedení pokusu. Studenti návody prostudovali.

- Nikdo ze studentů nenavrl žádnou úpravu návodu.
- Studenti návod ohodnotili jako dostatečně přehledný a srozumitelný.
- Černobílé obrázky byly všem srozumitelné.

3. Aparatura pro provedení pokusu.

V poslední části rozhovoru studenti diskutovali o aparatuře k provedení pokusu.

- Studenti by pro stavbu aparatury využili stejný materiál.
- Aparatura na demonstrační provedení pokusu by měla být podle studentů větší.
- Studentům se jako největší problém jevílo využití 9V baterie. Tento zdroj elektrického napětí je studenty považován za neekologický, z důvodu rychlého vybití. Studenti navrhli nahradit 9V baterii buďto laboratorním zdrojem elektrického napětí, nebo 9V baterií, kterou lze nabíjet.

Potápěčský zvon

Jako druhý byl studentům představený pokus s potápěčským zvonom. Studenti byli nejprve seznámeni s historií pokusu a zajímavostmi z využívání potápěčského zvonu. Následně byl před studenty pokus proveden. Současně s prováděním pokusu proběhl i fyzikální rozbor a byla vysvětlena analogie mezi hořící svíčkou a žijícím potápěčem.

Po provedení pokusu následovala diskuze se studenty. Rozhovor byl rozdělený dvou okruhů.

1. Využití pokusu v hodinách fyziky.

V první části studenti diskutovali o možnostech využití pokusu v hodinách fyziky.

- S demonstračním provedením pokusu neměl nikdo ze studentů problém.
- U frontálního provedení se jim jako největší problém jevíla svíčka. Podle studentů hrozí nebezpečí popálení žáků. Při frontálním provádění pokusu by studenti žákům nedávali svíčky. Svíčku by měl pouze učitel při demonstračním provedení.

2. Konstrukce pomůcky.

Ve druhé části studenti diskutovali o konstrukci pomůcky.

- Rozměry pomůcky jsou dle studentů optimální pro demonstrační provedení pokusu. Při frontálním pokusu by jim stačil menší zvon, neboť by žákům nedávali svíčku. Díky menšímu zvonu by žákům stačila i menší nádoba s vodou.
- Studenti by zvon opatřili závažím, aby nebylo nutné držet ho pod vodou rukou a učitel se mohl náležitě věnovat rozboru pokusu.
- Zvon není podle studentů dostatečně průhledný, i když se shodli, že plamen svíčky je dostatečně viditelný i ze zadní lavice.
- Jednoho studenta zajímaly náklady na vytištění jednoho zvonu.

Diskuze

Faradayův elektromotor

Porovnání Faradayova elektromotoru se současnými elektromotory by mohlo být pro žáky zajímavé. U Faradayova elektromotoru je mechanická práce, kterou koná otáčející se vodič zjevná. U současného elektromotoru by bylo pravděpodobně nutné demonstrovat nějaký spotřebič s elektromotorem (například vrtačku).

Problém s úrazem elektrickým proudem při frontálním provádění pokusu není tak závažný, neboť elektrické napětí 9 V lze považovat za bezpečné [49].

V případě větší aparatury by bylo pravděpodobně nutné využít větší magnet i nádobu s větším objemem vody. Z tohoto důvodu by bylo zapotřebí využít větší zdroj elektrického napětí, než je 9V baterie.

Nahrazení 9V baterie laboratorním zdrojem by na žáky mohlo působit jako černá skříňka. Využití 9V baterie, kterou lze nabíjet, a tudíž využít opakovaně, je možné, neboť takové baterie jsou běžně dostupné v e-shopech. Největším problémem těchto baterií je jejich pořizovací cena, která výrazně přesahuje cenu jednorázových 9V baterií. Další nevýhodou těchto baterií je nutnost pořízení nabíječky. Jednorázové 9V baterie ENERGIZER Power, které se osvědčily stály v době psaní této práce 59 Kč [25]. Nabíjecí 9V baterie stála 199 Kč [50]. Nabíječka na 9V baterie vyšla na 1 239 Kč [51].

Potápěčský zvon

Nedávat žákům svíčky při frontálním provedení žáky ochudí o analogii s potápěčem, který dýchá jen do té doby, dokud má dostatek kyslíku. Stejně tak i plamen svíčky hoří, má-li dostatek kyslíku. Nebezpečí popálení není podle mého názoru tak vážné, pokud budou žáci disciplinovaní a postupovat přesně podle pokynů učitele. Učitel ale musí být připravený v případě potřeby pohotově zareagovat na případné problémy.

Problémy s průhledností zvonu mohly být způsobeny opakovaným využíváním jednoho zvonu. Toto opakované používání mohlo způsobit znečištění zvonu zplodinami hoření z vnitřní strany zvonu.

Závěr

U pokusu s Faradayovým elektromotorem nedošlo, na základě diskuze se studenty, k žádné úpravě aparatury ani návodu na stavbu aparatury a provedení pokusu.

V případě potápěčského zvonu došlo k úpravě rozpočtu na výrobu pomůcky. Na základě hmotnosti vytištěného zvonu a známé ceny za kilogram filamentu došlo k úpravě nákladů v rozpočtu tak, aby odpovídaly nákladům na vytištění jedné pomůcky.

4.1.3 Praktika školních pokusů 5. dubna 2022

Další ověření proběhlo 5. dubna 2022 v rámci předmětu Praktika školních pokusů 2. Tohoto semináře se účastnili 4 studenti učitelství fyziky pro druhý stupeň základní školy. Ze studentů zatím nikdo na základní škole nevyučuje. Studentům byly předvedeny 2 pokusy: měření rychlosti zvuku a Magdeburské polokoule. Po každém pokusu následoval rozhovor se studenty.

Měření rychlosti zvuku

Prvním pokusem, který byl studentům předveden, bylo měření rychlosti zvuku. Celá aparatura byla připravena ještě před příchodem studentů do učebny. Po příchodu studentů do učebny a jejich usazení byli seznámeni se stručnou historií měření rychlosti zvuku. Následoval fyzikální rozbor šíření zvuku v prostředí. Po vysvětlení teorie byla studentům představena aparatura pro měření rychlosti zvuku. Následně proběhl samotný pokus a výpočet rychlosti zvuku.

Rozhovor se studenty, byl rozdělený do dvou okruhů.

1. Využití pokusu v hodinách fyziky.

Studenti diskutovali o možnostech využití pokusu v hodinách fyziky.

- Studenti se shodli na demonstračním provedení pokusu. Vyjádřili však obavy z hluku, který by mohl zkreslit výsledek měření. Provedení pokusu bude podle nich náročné na učitele, aby udržel žáky v klidu po dobu měření. Při frontálním provádění pokusu by podle studentů hrozil velký hluk, který by mohl způsobit nepřesné měření.
- Od studentů zazněl i názor o zbytečnosti kvantitativního řešení. Podle studentů by stačilo problém řešit kvalitativně bez výpočtu a ukázat si jen posunuté zvukové stopy.

2. Aparatura a možné problémy při provádění pokusu.

Studenti diskutovali o možných úpravách aparatury a problémech, které mohou nastat při provádění pokusu.

- Použitá aparatura je podle studentů dostatečně viditelná, názorná a přehledná. Díky použité aparatuře je dobře vidět podobnost s postupem měření, který se využíval v historii.
- Při provádění je názorně vidět posunutí jednotlivých zvukových stop. Díky záznamu zvuku a promítané stopě lze připomenout, že zvuk je mechanické vlnění.
- Problematické může být podle studentů zpracování naměřených údajů. Na učitele je kladen velký tlak při označování zvukových stop v programu Audacity. Ne všichni žáci zůstanou v klidu a ve třídě může nastat hluk.
- Podle části studentů je příprava pokusu náročná, ale přínos pro výuku je zásadní, protože názorně demonstruje učivo.

Diskuze

Udrzet klid při provádění demonstračního pokusu patří k základním dovednostem učitele. Pravdou je, že v případě vyhodnocování výsledku pokusu, se žáci mohou nudit. Řešením může být vtáhnout žáky do procesu řešení.

Kvalitativní řešení může být pro učitele i žáka jednodušší. Vzhledem k povaze úlohy je však kvantitativní řešení na místě.

Závěr

Na základě diskuze lze konstatovat, že není nutné nijak upravovat aparaturu ani postup provádění pokusu.

Magdeburské polokoule

Nejprve byli studenti seznámeni s existencí atmosférického tlaku a s historií pokusu s Magdeburskými polokoulemi. Následně byly studentům rozdány pomůcky a studenti byli instruováni k provedení pokusu. Po provedení pokusu proběhla se studenty diskuze. Rozhovor byl rozdělený do dvou okruhů.

1. Využití pokusu v hodinách fyziky.

Studenti diskutovali o možnostech využití pokusu v hodinách fyziky.

- Studenti se shodli na frontálním provedení pokusu. V ideálním případě by měl učitel demonstrovat provádění a žáci by postup měli opakovat.
- Žáci by měli být rozděleni do dvojic a přetahovat se mezi sebou.
- Po provedení pokusu by se pomůcky měly od žáku ihned vybrat.

2. Pomůcky a jejich možné úpravy.

Studenti diskutovali o možných úpravách pomůcek.

- Studenti na pomůckách neshledali žádné nedostatky.
- Studentům se líbily nízké náklady na přípravu pomůcek a jejich jednoduchost.

Diskuze

Rozdělení žáků do dvojic se jeví jako vhodný nápad. Přinese úsporu v počtu potřebných pomůcek. Díky přetahování se spolužákem může být pro žáky pokus zajímavější.

Závěr

Žáci budou při provádění pokusu rozdělení do dvojic.

4.2 Výzkum

Na základě rozhovorů a pozorování učitelů byl sestaven jednoduchý dotazník (Příloha 1: Dotazník pro učitele). Dotazník obsahoval 9 otázek a byl zaměřený na Faradayův elektromotor. Cílem dotazníku bylo zjistit, zda jsou učitelé schopni sestavit aparaturu pro provedení pokusu a pokus provést. Dále se dotazník zabýval možnostmi využití pokusu v hodinách fyziky a konstrukcí aparatury.

4.2.1 Elixír do škol 22. března 2022

Dotazník byl poprvé na setkání učitelů fyziky na akci Elixír do škol. Elixír do škol proběhl v úterý 22. března 2022 na gymnáziu Česká v Českých Budějovicích. Setkání se zúčastnilo 11 učitelů z praxe.

Učitelé byli nejprve seznámeni se stručnou historií pokusu. Poté byl učitelům pokus předvedený na již sestavené funkční aparatuře, která byla po celou dobu k nahlédnutí na učitelském stole. V další části byly učitelům rozdány návody na přípravu aparatury a provedení pokusu. Učitelé pracovali samostatně na přípravě aparatury a následně na provedení pokusu. Všem zúčastněným se podle návodu podařilo sestavit aparaturu a pokus zdárně provést.

Po sestavení aparatury a provedení pokusu učitelé dobrovolně vyplnili dotazník (Příloha 2: Vyplněné dotazníky). Dotazník obsahoval 9 otázek.

1. Zdá se Vám návod na stavbu aparatury dostatečně přehledný a srozumitelný?

Respondenti měli na výběr ze dvou možností. První možností bylo ano a druhou ne. Pokud by zaškrtnli ne, byly by vyzváni, aby rozepsali, co by změnili. Možnosti odpovědí a počet odpovědí zobrazuje Tabulka 11.

Tabulka 11

Zdá se Vám návod na stavbu aparatury dostatečně přehledný a srozumitelný?

Možnosti odpovědi	Počet odpovědí
Ano	11
Ne	0

Z tabulky vyplývá, že návod je podle všech respondentů dostatečně srozumitelný a přehledný a není nutné ho nijak měnit.

2. Zdají se Vám rozměry aparatury vhodně zvolené?

Respondenti měli na výběr ze dvou možností. První možností bylo ano a druhou ne. Pokud by zaškrtnli ne, byly by vyzváni, aby rozepsali, co by změnili. Možnosti odpovědí a počet odpovědí zobrazuje Tabulka 12.

Tabulka 12*Zdají se Vám rozměry aparatury vhodně zvolené?*

Možnosti odpovědi	Počet odpovědí
Ano	11
Ne	0

Z tabulky vyplývá, že rozměry aparatury jsou pro učitele přijatelné a není potřeba je nijak upravovat.

3. Kdybyste si aparaturu stavěl/a sám/sama, použil/a byste stejný materiál?

Respondenti měli na výběr ze dvou možností. První možností bylo ano a druhou ne. Pokud by zaškrtnuli ne, byly by vyzváni, aby napsali, jaký materiál by použili. Jeden z respondentů zaškrtnul ano, ale napsal, že by použil kratší vruty, nebo hřebík. Možnosti odpovědí a počet odpovědí zobrazuje Tabulka 13.

Tabulka 13*Kdybyste si aparaturu stavěl/a sám/sama, použil/a byste stejný materiál?*

Možnosti odpovědi	Počet odpovědí
Ano	11
Ne	0

Z tabulky vyplývá, že použitý materiál je pro učitele přijatelný. Nikdo z učitelů nepřišel s návrhem na změnu materiálu.

4. Kdybyste si mohl/a zvolit zdroj elektrického napětí, jaký byste použil/a?

Otázka s otevřenou odpovědí, na kterou odpovědělo všech 11 respondentů. 8 respondentů by využilo stejný zdroj elektrického napětí (9V baterie). Podle jednoho z respondentů je baterie výhodná, protože žáci nemohou zničit nic drahého. Kromě 9V baterie by zmíněný respondent zkusil využít 4,5V baterii. 2 respondenti by využili olověný akumulátor (12V, nebo 6V). 1 respondent by využil blesk.

Z odpovědí respondentů vyplývá, že použitá 9V baterie je pro učitele přijatelná. Zajímavé by mohlo být využití olověného akumulátoru z důvodu vyšší kapacity a pomalejšího vybíjení. Akumulátor by mohl být výhodný díky možnosti nabíjení a opakovaného využívání.

5. Je podle Vás nutné mít v obvodu zařazený kolébkový vypínač?

Uzavřená otázka s možností výběru mezi možnostmi ano a ne. Na otázku odpovědělo všech 11 respondentů. Možnosti odpovědí a počet odpovědí zobrazuje Tabulka 14.

Tabulka 14*Je podle Vás nutné mít v obvodu zařazený kolébkový vypínač?*

Možnosti odpovědi	Počet odpovědí
Ano	4
Ne	7

Dva respondenti sice zaškrtnuli možnost ne, ale k otázce připsali, že je lepší vypínač použít. Jeden z respondentů, který zaškrtnul možnost ne, připsal, že záleží na zvoleném zdroji elektrického napětí. V případě použití 9V baterie by vypínač použil, ale v případě olověného akumulátoru by použil vodič s krokodýlem. Z odpovědí vyplynulo, že kolébkový vypínač není nutné do obvodu zařadit, ale jeho použití je lepší.

6. Jakým způsobem byste vyřešil/a umístění magnetu v nádobě?

Otázka s otevřenou odpovědí, kterou zodpověděli všichni respondenti. 4 respondenti by umístění magnetu řešili stejným způsobem jako v návodu. 3 respondenti by k nádobě ocelový kvádr přilepili. 1 respondent by využil jiný ocelový kvádr. Využil by kvádr s větší podstavou. 2 respondenti by ocelový kvádr vůbec nepoužili. 1 respondent by použil vyšší magnet a méně vody. 1 respondent by celý stojan vytiskl na 3D tiskárně.

7. Pokud byste pokus opakoval/a v hodině fyziky, jaké provedení byste zvolil/a?

Otázka s uzavřenou odpovědí. Respondenti vybírali ze tří možností (frontální, demonstrační a pokus bych vůbec nedělal/a). 2 respondenti zakroužkovali dvě možnosti. Možnosti odpovědí a jejich počet zobrazuje Tabulka 15.

Tabulka 15

Pokud byste pokus opakoval/a v hodině fyziky, jaké provedení byste zvolil/a?

Možnosti odpovědi	Počet odpovědí
Frontální	4
Demonstrační	5
Frontální i demonstrační	2
Pokus bych nedělal	0

Jeden respondent by pokus prováděl demonstračně, jen pokud by měl větší aparaturu. Jeden z respondentů by pokus prováděl frontálně na kroužku, nebo na hodině, kde by byla pouze polovina třídy. Demonstrační provedení si 1 respondent umí představit jako problémovou úlohu.

8. V čem spatřujete největší problém při případném frontálním provedení pokusu?

Otázka s otevřenou odpovědí. Odpovědělo 6 respondentů. Dva respondenti spatřují největší problém v nízké manuální zručnosti žáků. Dva respondenti považují za problém kapalinu, která by se mohla vylít na lavici. Jeden respondent se obává nezájmu ze strany žáků. Jeden respondent považuje za největší problém počet aparatur pro frontální provedení. Jeden z respondentů si pravděpodobně spletl frontální a demonstrační provedení pokusu. Problém spatřuje ve velikosti aparatury, protože ne všichni žáci uvidí dobře výsledek.

9. Nechal/a byste žáky vyrábět aparaturu pro provedení pokusu?

U této otázky respondenti vybírali z možností ano a ne. U každé možnosti měli rozepsat, proč se tak rozhodli. Na otázku odpovědělo 10 respondentů. Devět respondentů i vysvětlilo proč se tak rozhodlo. Možnosti odpovědí a počty odpovědí zobrazuje Tabulka 16.

Tabulka 16

Nechal/a byste žáky vyrábět aparaturu pro provedení pokusu?

Možnosti odpovědi	Počet odpovědí
Ano	6
Ne	4

U respondentů, kteří vybrali možnost ne, převládá názor, že žáci nejsou dostatečně zruční na výrobu aparatury (3 respondenti). Pro jednoho respondenta je zásadní fyzikální podstata pokusu, a výrobu aparatury pokládá za zbytečnou.

U respondentů, kteří se rozhodli pro možnost ano, převažovaly následující důvody.

- Žáci by aparaturu vyrobili v rámci pracovních činností.
- Žáci při hodině pocítí radost z úspěchu při provádění pokusu.
- Při vyrábění aparatury ve skupinách a při správně rozdělené práci je to rychlé a bezpečné.
- Při dostatku času a se schopnými žáky je to zajímavé zpestření.
- Žáci uvidí v reálu Flemingovo pravidlo levé ruky a mohou pozorovat více dějů (elektrolýza). Během pokusu je možné měřit elektrický proud, který protéká v různých místech obvodu a elektrický odpor roztoku.

Po odevzdání všech dotazníků následovala diskuze mezi učiteli, ze které vyplynuly následující body.

- Část učitelů diskutovala o chemických reakcích, které probíhají na elektrodách a v roztoku. Učitelé se zamýšleli o využití pokusu v hodinách chemie.
- Učitelé se shodli, že přilepení magnetu do nádoby není vhodné kvůli komplikovanému vyplachování nádoby. Přilepení magnetu by znemožnilo využití nádoby i magnetu pro jiné pokusy.
- Učitelé experimentovali s množstvím vody, které v nádobě musí být, aby drát začal rotovat. Z experimentů vyplynulo, že stačí málo vody. Díky tomuto zjištění je možné vyřadit ocelový kvádr a magnet položit na dno nádoby.
- Učitelé experimentovali s délkou ramene motoru. Z experimentů vyplynulo, že stačí rameno, které se dotýká hladiny roztoku. Díky kratšímu rameni se eliminuje riziko zkratu, který nastává ve chvíli, kdy se měděný drát dotkne alobalu.
- Pokud se použije drát, který se dotýká hladiny a do roztoku se vloží kousky polystyrenu, začnou tyto kousky rotovat.
- Část učitelů se pokoušela změnit směr rotace drátu. Došli k závěru, že stačí otočit magnet. V případě použití jiného zdroje napětí by bylo možné obrátit polaritu zdroje.
- Učitelé, kteří působí na víceletých gymnáziích, pokládají pokus za dobrý úvod pro písemnou práci. Žáci by v písemné práci měli vysvětlit proč se drát točí.

Diskuze

Ochota učitelů nechat žáky vyrábět aparaturu může být ovlivněna místem, kde se nachází škola, ve které působí. Žáci ze škol na vesnici nebo menším městě budou pravděpodobně zručnější než žáci ze škol v centru velkých měst.

Využití kolébkového spínače je vhodné kvůli bezpečnosti práce. Je jednodušší zmáčknout vypínač než odpojovat 9V baterii.

Z dotazníku i následné diskuze vyplynula možnost vytisknutí aparatury na 3D tiskárně. Toto řešení může být vhodné pro učitele, kteří nejsou dostatečně zruční nebo nechtějí aparaturu vyrábět ze dřeva. Toto řešení je však závislé na dostupnosti 3D tiskáren ve školách.

Závěr

Z dotazníku i diskuze vyplynulo, že není potřeba upravovat návod na přípravu aparatury.

Lze modifikovat provedení pokusu, úplně vyřadit ocelový hranol, kterým je podložený magnet. Je možné použít méně vody.

Přípravu aparatury je nutné rozšířit o možnost vytisknout aparaturu na 3D tiskárně.

4.2.2 Místní akční skupina Tábořsko 2. května 2022

Dne 2. května 2022 proběhlo v Táboře setkání učitelů fyziky. Setkání se uskutečnilo v Domě dětí a mládeže Tábor. Setkání bylo zahájeno v 15:00 a účastnilo se ho 7 učitelů fyziky z praxe. Na setkání bylo vyčleněno 90 minut. Učitelé byli postupně seznámeni se všemi pokusy, které se vyskytují v této práci.

Faradayův elektromotor

První pokus, se kterým byli učitelé seznámeni byl Faradayův elektromotor. Učitelé byli seznámeni s historií pokusu a pokus jim byl demonstrován s dřevěnou aparaturou. Následně si učitelé sami vyzkoušeli sestavit aparaturu a provést samotný pokus. K tomuto účelu byl pro každého účastníka připravený návod a dostatek materiálu. Od minulého ověřování byl návod mírně upraven. V části provedení pokusu byl zcela vypuštěný ocelový hranol, který sloužil k podložení magnetu. Nepotřebnost ocelového hranolu vyplynula z minulého ověřování. Návod byl tedy upraven tak, aby učitelé do nádoby nalili méně vody, a magnet tak mohl být položený přímo na dně nádoby.

Všem účastníkům se podařilo bez většího problému aparaturu sestavit a pokus provést. Bylo nutné řešit jen 2 menší problémy. Jedna účastnice měla smrkovou lať se sukem, který jí znemožnil sešroubování latí k sobě. Problém se vyřešil výměnou latě. Druhý problém spočíval ve vadném držáku na 9V baterii. Po několika otáčkách drátu kolem magnetu došlo pravděpodobně k přepálení vodivé části a obvodem přestal protékat elektrický proud. Problém byl odstraněn použitím jiného držáku. Problém se objevil pouze u jednoho držáku.

Po dokončení aparatury a úspěšném provedení pokusu byly účastníci vyzváni k vyplnění krátkého dotazníku. Dotazník byl stejný jako při prvním ověřování.

1. Zdá se Vám návod na stavbu aparatury dostatečně přehledný a srozumitelný?

Respondenti měli na výběr ze dvou možností. První možností bylo ano a druhou ne. Pokud by zaškrtnuli ne, byly by vyzváni, aby rozepsali, co by změnili. Možnosti odpovědí a počet odpovědí zobrazuje Tabulka 17.

Tabulka 17

Zdá se Vám návod na stavbu aparatury dostatečně přehledný a srozumitelný?

Možnosti odpovědi	Počet odpovědí
Ano	7
Ne	0

Z tabulky vyplývá, že návod je podle všech respondentů dostatečně srozumitelný, přehledný a není nutné ho nijak měnit.

2. Zdají se Vám rozměry aparatury vhodně zvolené?

Respondenti měli na výběr ze dvou možností. První možností bylo ano a druhou ne. Pokud by zaškrtnuli ne, byly by vyzváni, aby rozepsali, co by změnili. Možnosti odpovědí a počet odpovědí zobrazuje Tabulka 18.

Tabulka 18

Zdají se Vám rozměry aparatury vhodně zvolené?

Možnosti odpovědi	Počet odpovědí
Ano	7
Ne	0

Z tabulky vyplývá, že rozměry aparatury jsou pro učitele přijatelné a není potřeba je nijak upravovat.

3. Kdybyste si aparaturu stavěl/a sám/sama, použil/a byste stejný materiál?

Respondenti měli na výběr ze dvou možností. První možností bylo ano a druhou ne. Pokud by zaškrtnuli ne, byly by vyzváni, aby napsali, jaký materiál by použili. Jeden z respondentů zaškrtnul ano, ale napsal, že by použil kratší vruty, nebo hřebík. Možnosti odpovědí a počet odpovědí zobrazuje Tabulka 19.

Tabulka 19

Kdybyste si aparaturu stavěl/a sám/sama, použil/a byste stejný materiál?

Možnosti odpovědi	Počet odpovědí
Ano	7
Ne	0

Z tabulky vyplývá, že použitý materiál je pro učitele přijatelný. Nikdo z učitelů nepřišel s návrhem na změnu materiálu.

4. Kdybyste si mohl/a zvolit zdroj elektrického napětí, jaký byste použil/a?

Otázka s otevřenou odpovědí, na kterou odpovědělo všech 7 respondentů. 4 respondenti by využili stejný zdroj elektrického napětí (9V baterie). Jeden z těchto respondentů připsal i 4,5V baterii. Tři respondenti by využili laboratorní zdroj.

5. Je podle Vás nutné mít v obvodu zařazený kolébkový vypínač?

Uzavřená otázka s možností výběru mezi možnostmi ano a ne. Na otázku odpovědělo všech 7 respondentů. Všichni respondenti zvolili možnost ano. Jeden respondent připsal "bezpečnost".

10. Jakým způsobem byste vyřešil/a umístění magnetu v nádobě?

Otázku zodpovědělo všech 7 respondentů. Pouze jeden respondent navrhl přilepení magnetu tavnou pistolí k nádobě. Ostatní respondenti by umístění magnetu v nádobě neměnili.

11. Pokud byste pokus opakoval/a v hodině fyziky, jaké provedení byste zvolil/a?

Otázka s uzavřenou odpovědí. Respondenti vybírali ze tří možností (frontální, demonstrační a pokus bych vůbec nedělal/a). 1 respondent zakroužkoval dvě možnosti. Možnosti odpovědí a jejich počet zobrazuje Tabulka 20.

Tabulka 20

Pokud byste pokus opakoval/a v hodině fyziky, jaké provedení byste zvolil/a?

Možnosti odpovědi	Počet odpovědí
Frontální	0
Demonstrační	6
Frontální i demonstrační	1
Pokus bych nedělal	0

Jeden respondent by pokus prováděl frontálně i demonstračně. Šest respondentů by pokus provádělo demonstračně.

12. V čem spatřujete největší problém při případném frontálním provedení pokusu?

Otázka s otevřenou odpovědí. Odpovědělo 7 respondentů. Tři respondenti vidí největší problém v nedostatku materiálu. Dále se obávají obtíží se sháněním materiálu na výrobu aparatur. Dva respondenti se obávají chaosu a nekázně při výrobě. Jeden respondent napsal “nešikovné děti“. Respondent pravděpodobně narážel na nízkou zručnost žáků. Jeden respondent by žáky nechal pracovat ve dvojicích.

13. Nechal/a byste žáky vyrábět aparaturu pro provedení pokusu?

U této otázky respondenti vybírali z možností ano a ne. U každé možnosti měli rozepsat, proč se tak rozhodli. Na otázku odpovědělo 7 respondentů. Všichni respondenti vysvětlili, proč se tak rozhodli. Možnosti odpovědí a počty odpovědí zobrazuje Tabulka 21.

Tabulka 21

Nechal/a byste žáky vyrábět aparaturu pro provedení pokusu?

Možnosti odpovědi	Počet odpovědí
Ano	5
Ne	2

Respondenti, kteří vybrali možnost “ne“ se obávají nízké zručnosti žáků.

Tři respondenti, kteří zvolili možnost ano, by výrobu aparatury přenesli do technické výchovy. Jeden respondent by žáky nechal aparaturu vyrábět jen za předpokladu, že má dostatek času. Jeden respondent uvedl, že sestavení stojanu samotnými žáky může působit jako motivační prvek. Jeden respondent uvedl, že sestavováním stojanu se zlepší manuální zručnost žáků.

Po vyplnění dotazníku následovala diskuze s učiteli. Během diskuze zazněl nápad na změnu kroků v postupu přípravy pokusu. Podle učitelů by bylo vhodnější nejprve připravit nádobu s alobalem, vložit do ní magnet a až poté do ní nalít vodu a sypat sůl.

Po diskusi následovala demonstrace pokusu s aparaturou vytištěnou na 3D tiskárně. Aparatura se učitelům líbila a několik z nich projevilo zájem o 3D model. Učitelé neměli žádné připomínky ani návrhy k aparatuře ani k provedení pokusu.

Diskuze

Z dotazníku vyplynulo, že někteří respondenti by vyměnili 9V baterii za laboratorní zdroj. Toto řešení je možné. Laboratorní zdroj však na žáky může působit jako černá skříňka.

Úprava pořadí kroků v návodu je relevantní, neboť pro učitele může být nepříjemné strkat prsty do slané roztoku. Může však nastat problém při míchání slané roztoku. Je potřeba k rozmíchání roztoku použít nástroj, který není kovový. Kovový nástroj se okamžitě spojí s nedýmovým magnetem.

Závěr

Z dotazníku a následného rozhovoru vyplynula nutnost úpravy návodu na přípravu pokusu. Byla navržena změna pořadí kroků. Kroky 1 a 2 se přemístí za krok 6.

Potápěčský zvon

Pokus s potápěčským zvonek byl provedený pouze demonstračně. Místo akvária byla použita průhledná plastová nádoba, do které se vešel celý zvon. Po historickém úvodu následovalo předvedení pokusu bez svíčky a fyzikální rozbor. Následně byl pokus zopakován se svíčkou, která indikuje přítomnost kyslíku v objemu nádoby.

Po provedení pokusu následovala diskuze s učiteli. Z diskuze vyplynulo následující.

- Učitelé by pokus rádi zopakovali v hodině demonstračně i frontálně.
- Učitelé projeví zájem i o samotný zvon. Bylo dohodnuto rozeslání 3D modelu účastníkům, aby si ho mohli vytisknout na 3D tiskárně.
- Na některých školách nemají k dispozici 3D tiskárnu, a tudíž si zvon nemohou sami vytisknout.
- Velikost zvonu je dle učitelů optimální a není potřeba dělat žádné úpravy 3D modelu. Někteří účastníci vyslovili názor, že při frontálním provedení pokusu by stačil menší zvon.
- Učitelé nevidí problém s použitím svíčky i při frontálním provedení.

Diskuze

Problém s nedostupností 3D tiskáren se vyřešil již během setkání. Účastníci, kteří 3D tiskárnu vlastní, nabídli vytištění zvonu těm, kteří k tiskárně nemají přístup.

Využití menšího zvonu při frontálním pokusu by mohlo zjednodušit provádění pokusu, neboť zvon se současnými rozměry se nevejde do běžné kádinky. Problém by však mohl být s použitím svíčky. Svíčka se do zvonu musí nejen vejít, ale musí být možné ji do něj vložit. Svíčka v menším zvonu by mohla způsobit jeho roztavení. Teplota tání filamentu PLA – Grafitová černá je 55 °C [52]. Teplota plamene svíčky může dosáhnout až 700 °C [53].

Závěr

Z diskuze s učiteli vyplynulo, že není potřeba nijak upravovat pomůcku ani postup provedení pokusu.

Anomálie vody

Měření anomálie vody nebylo před učiteli přímo prováděno. Bylo pouze popsáno. Učitelům byly promítnuty výsledky měření. Učitelé si prohlédli obě verze Hopeho přístroje.

Následně proběhla diskuze s učiteli. Z diskuze vyplynulo následující.

- Nikdo z učitelů se s tímto pokusem nesetkal v žádné učebnici fyziky pro základní školu.
- Nikdo z učitelů pokus neprováděl.
- Z přítomných učitelů by pokus prováděl pouze jeden. Ostatní pokus nechtějí provádět z následujících důvodů.
 - Dlouhodobý pokus může přinést problémy s kázní.
 - Pokus nemá žádný efekt, stačí ukázat výsledek.
 - Na školách nemají k dispozici teplotní čidla.
 - Pokus je náročný na přípravu.
 - Průběh pokusu může ovlivnit počasí.

Diskuze

Nedostatek pomůcek (teplotních čidel) lze vyřešit použitím lihových teploměrů. Pokus lze provádět i s jedním teplotním čidlem, které by bylo umístěno u dna. Pokus by bylo nutné provádět do doby, než zamrzne voda u hladiny. Teploměr u dna by v ideálním případě ukázal teplotu 4 °C.

Závěr

I když učitelé nemají zájem o provádění pokusu, vytvořené pomůcky se jim líbily a pokus ohodnotili jako zajímavý.

Magdeburské polokoule

Další pokus, který si učitelé vyzkoušeli, byl pokus Magdeburskými polokoulemi. Pokus byl provedený frontálně. Po historickém úvodu byly učitelům rozdány vždy dvě upravené přísavky. Učitelé prováděli pokus podle ústních pokynů. Po provedení pokusu následoval rozbor pokusu a porovnání pomůcky s pomůckami dostupnými na trhu.

Stejně jako u předchozích pokusů následoval rozhovor s učiteli. Z rozhovoru vyplynulo následující.

- Učitelé oceňují jednoduchost pokusu.
- Učitelé by pokus prováděli ve výuce frontálně.
- K pomůckám neměli žádné připomínky.

Závěr

Pomůcky i samotný pokus měli u učitelů kladný ohlas. Učitelé byli nadšení, když si mohli odnést 2 upravené přísavky.

Měření rychlosti zvuku

Z časových důvodů nebyl pokus předveden. Byl pouze popsán a účastníkům byly promítnuty obrázky z průběhu pokusu i ze zpracování výsledků. Po představení pokusu následoval rozhovor s učiteli. Z rozhovoru vyplynulo, že pouze jeden z přítomných učitelů měří v hodinách rychlost zvuku. Používá k tomu upravenou odpadovou trubku. Pokus by v hodině prováděl pouze jeden přítomný učitel. Ostatní učitelé by pokus neprováděli z důvodu nedostupnosti pomůcek, složité přípravy i samotného vyhodnocení pokusu.

Objev infračerveného záření

Posledním pokusem, který byl na programu setkání, byl pokus, při kterém William Herschel objevil infračervené záření. Pokus byl pouze popsán, neboť nikdy nebylo dosaženo relevantního výsledku.

5 Závěr

V teoretické části byl definován experiment z pohledu didaktiky fyziky. Byly zde popsány zásady pro provádění pokusů v hodinách fyziky. Popsán byl také pedagogický výzkum s důrazem na kvalitativní výzkum.

V teoretické části byla provedena analýza výskytu historických pokusů v kurikulárních dokumentech (RVP). Analyzován byl Rámcový vzdělávací program z roku 2017. V době psaní této práce došlo k revizi RVP. „*Cílem revize bylo modernizovat obsah vzdělávání tak, aby odpovídalo dynamice a potřebám 21. století*“ [54]. V rámci této revize došlo k vyškrtnutí několika očekávaných výstupů a části učiva předmětu fyzika [55].

Analyzovány byly také učebnice fyziky pro druhý stupeň základní školy. Byly vybrány učebnice nakladatelství SPN, Fraus, Prométheus a Tvořivá škola.

V praktické části bylo popsáno šest historických experimentů. Součástí popisu každého pokusu je historický popis a teorie potřebná k porozumění danému pokusu. Dále byly vytvořené pracovní postupy výroby všech potřebných pomůcek pro přípravu daných pokusů včetně položkového rozpočtu na výrobu jedné pomůcky s odkazy na konkrétní e-shopy, kde lze zakoupit potřebný materiál. U všech pokusů je podrobný návod, podle kterého lze pokusy provádět ve výuce.

V rámci experimentální části proběhlo ověřování navržených inovovaných historických pokusů. Ověřování proběhlo na třech akcích, kterých se účastnili učitelé fyziky z jihočeského kraje. Jednotlivé pokusy byly představeny také studentům učitelství fyziky pro druhý stupeň základní školy. Některé pokusy si účastníci sami vyzkoušeli včetně přípravy pomůcek. Některé pokusy byly předvedeny demonstračně a některé pouze popsány formou prezentace. Po všech pokusech proběhla diskuze s účastníky. Ze všech setkání vyšly podmětné připomínky. Některé se promítly do popisu jednotlivých pokusů. Pokus s Faradayovým elektromotorem si účastníci sami vyzkoušeli včetně výroby aparatury. Po úspěšném provedení pokusu proběhlo dotazníkové šetření.

Poděkování: výzkum v této práci byl částečně hrazen z prostředků projektu GAJU 041/2022/S "Klíčová místa kurikula pro integraci vzdělávacích obsahů v oblasti STEM".

Seznam použité literatury a zdrojů

- [1] JANÁS, Josef. *Kapitoly z didaktiky fyziky*. Brno: Masarykova univerzita, 1996. ISBN 80-210-1334-6.
- [2] KAŠPAR, Emil. *Didaktika fyziky: obecné otázky*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1978. Knižnice metodické literatury.
- [3] SVOBODA, Emanuel a Růžena KOLÁŘOVÁ. *Didaktika fyziky základní a střední školy: vybrané kapitoly*. Praha: Karolinum, 2006. ISBN 80-246-1181-3.
- [4] *Zákon č. 561/2004 Sb., o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání (školský zákon)*. In: . 2004, ročník 2020, 561/2004.
- [5] *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání* [online]. Praha: MŠMT, 2016 [cit. 2020-11-29]. Dostupné z: http://www.nuv.cz/uploads/RVP_ZV_2016.pdf
- [6] TESAŘ, Jiří a František JÁCHIM. *Fyzika 3 pro základní školu: světelné jevy, mechanické vlastnosti látek*. 2. vydání. Praha: SPN - pedagogické nakladatelství, akciová společnost, 2015. ISBN 978-80-7235-561-7.
- [7] RANDA, Miroslav, Jiří KOHOUT, Václav KOHOUT, Pavel KRATOCHVÍL, Pavel MASOPUST, Josef PETŘÍK, Jitka PROKŠOVÁ a Karel RAUNER. *Fyzika 8: pro základní školy a víceletá gymnázia*. Plzeň: Fraus, 2018. ISBN 978-80-7489-392-6.
- [8] TESAŘ, Jiří a František JÁCHIM. *Fyzika 4 pro základní školu: elektromagnetické děje*. Praha: SPN - pedagogické nakladatelství, 2009. ISBN 978-80-7235-441-2.
- [9] RANDA, Miroslav, Václav HAVEL, Ota KÉHAR, Václav KOHOUT, Pavel KRATOCHVÍL, Pavel MASOPUST, Jitka PROKŠOVÁ a Karel RAUNER. *Fyzika 9: pro základní školy a víceletá gymnázia*. Plzeň: Fraus, 2019-2020. Škola s nadhledem. ISBN 978-80-7489-476-3.
- [10] RANDA, Miroslav, Václav HAVEL, Jiří KOHOUT, Václav KOHOUT, Pavel KRATOCHVÍL, Pavel MASOPUST, Jitka PROKŠOVÁ a Karel RAUNER. *Fyzika 7: pro základní školy a víceletá gymnázia*. Plzeň: Fraus, 2017-2018. ISBN 978-80-7489-345-2.
- [11] TESAŘ, Jiří a František JÁCHIM. *Fyzika 5 pro základní školu: energie*. Praha: SPN - pedagogické nakladatelství, 2010-2011. ISBN 978-80-7235-491-7.
- [12] TESAŘ, Jiří a František JÁCHIM. *Fyzika 6 pro základní školu: zvukové jevy, vesmír*. Praha: SPN - pedagogické nakladatelství, 2011-2012. ISBN 978-80-7235-492-4.
- [13] SKALKOVÁ, Jarmila. *Obecná didaktika: vyučovací proces, učivo a jeho výběr, metody, organizační formy vyučování*. Praha: Grada, 2007. Pedagogika (Grada). ISBN 978-80-247-1821-7.
- [14] ZHÁNĚL, Jiří, Vladimír HELLEBRANDT a Martin SEBERA. *Metodologie výzkumné práce*. Brno: Masarykova univerzita, 2014. ISBN 978-80-210-6696-0.

- [15] Kvantitativní výzkum. In: *Podnikatel.cz: Největší server pro podnikatele v ČR* [online]. Internet info, c1997-2022 [cit. 2022-05-30]. Dostupné z: <https://www.podnikatel.cz/pruvodce/obchodni-znacka-brand/kvantitativni-vyzkum/>
- [16] Kvalitativní výzkum. In: *Podnikatel.cz: Největší server pro podnikatele v ČR* [online]. Praha: Internet Info, s.r.O, c2007-2022 [cit. 2022-03-16]. Dostupné z: <https://www.podnikatel.cz/pruvodce/obchodni-znacka-brand/kvalitativni-vyzkum/>
- [17] Elektromotory. In: *Jedeme všichni* [online]. [cit. 2021-11-06]. Dostupné z: <http://www.jedemevsichni.eu/e-kola-a-vse-o-nich/elektromotory/>
- [18] Vyroba si homopolární motorek. In: *Fyzmatik: FYZikálně - MATematikaKý blog* [online]. Fyzmatik [cit. 2021-11-06]. Dostupné z: <https://fyzmatik.pise.cz/170-vyroba-si-homopolarni-motorek.html>
- [19] BUREŠ, Jiří. Michael Faraday. In: *ConVERTER* [online]. 2002 [cit. 2021-11-08]. Dostupné z: <http://www.converter.cz/fyzici/faraday.htm>
- [20] KRAUS, Ivo. *Fyzikové ve službách průmyslové revoluce*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2012. Galileo. ISBN 978-80-200-2087-1.
- [21] Elektromotor a spálený krocan. In: *Český rozhlas: Plus* [online]. Praha: Český Rozhlas, c1997-2021 [cit. 2021-11-06]. Dostupné z: <https://plus.rozhlas.cz/elektromotor-a-spaleny-krocan-6690331>
- [22] TESAŘ, Jiří a František JÁCHIM. *Přehled fyziky: pro 2. stupeň ZŠ*. 1. vydání. Praha: SPN - pedagogické nakladatelství, akciová společnost, 2020. ISBN 978-80-7235-641-6.
- [23] SVOBODA, Emanuel. *Přehled středoškolské fyziky*. 5., přeprac. vyd. Praha: Prometheus, 2014. ISBN 978-80-7196-438-4.
- [24] HANZAL, Petr. Faraday's motor. In: *MakerBot Thingiverse* [online]. Brooklyn, NY 11201: MakerBot Industries, LLC, 2022 [cit. 2022-06-11]. Dostupné z: <https://www.thingiverse.com/thing:5405676>
- [25] Baterie 9V ENERGIZER Power, 1ks (blistr). In: *ENESHOP.CZ: velkoobchod a eshop* [online]. Frýdek-Místek: FastCentrik [cit. 2022-04-06]. Dostupné z: <https://www.eneshop.cz/baterie-9v-energizer-power/d-8159>
- [26] BILL, Ashworth. Scientist of the Day - Thomas Charles Hope. In: *Linda Hall Library*: <https://www.lindahall.org/> [online]. Kansas City: Linda Hall Library, 2015 [cit. 2021-12-04]. Dostupné z: <https://www.lindahall.org/thomas-charles-hope/>
- [27] Thomas Charles Hope, MD, FRSE, FRS (1766-1844). In: *THE UNIVERSITY OF EDINBURGH* [online]. Edinburgh: University of Edinburgh, 2021 [cit. 2021-12-04]. Dostupné z: <http://www.chem.ed.ac.uk/about-us/history/professors/thomas-charles-hope>
- [28] GREENSLADE, Thomas B. The maximum density of water. *The Physics Teacher*. 1985, **23**(8), 474-477. ISSN 0031-921X. Dostupné z: doi:10.1119/1.2341883

- [29] HANZAL, Petr. Hope apparatus. In: *MakerBot Thingiverse* [online]. Brooklyn, NY 11201: MakerBot Industries, LLC, 2022 [cit. 2022-06-11]. Dostupné z: <https://www.thingiverse.com/thing:5405674>
- [30] KRAUS, Ivo. *Fyzika od Thaléta k Newtonovi: kapitoly z dějin fyziky* [online]. Praha: Academia, 2007 [cit. 2021-08-02]. Galileo. ISBN 978-80-200-1540-2.
- [31] GOODRICH, Richard J. The Undersea World of Edmond Halley: The famous astronomer also designed the world's first diving bell. In: *Lessons from History: Learn from the past, not self-help books*. [online]. [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://medium.com/lessons-from-history/the-undersea-world-of-edmond-halley-272214a7fbac>
- [32] HALLEY, Edmond. The art of living under water: or, a discourse concerning the means of furnishing air at the bottom of the sea, in any ordinary depths. *Philosophical Transactions*. Royal Society, 1714, 1714, 492-499. ISSN 0261-0523.
- [33] Halley's maritime experience, part 2: his diving bell. In: *Halley's Log* [online]. [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://halleyslog.wordpress.com/2014/07/01/halleys-maritime-experience-part-2/>
- [34] HANZAL, Petr. Diving bell. In: *MakerBot Thingiverse* [online]. Brooklyn, NY 11201: MakerBot Industries, LLC, 2022 [cit. 2022-06-11]. Dostupné z: <https://www.thingiverse.com/thing:5405671>
- [35] Potápěčský zvon: Diving bell, Marinmuseum (Naval museum), Karlskrona, Sweden. In: *Wikimedia Commons* [online]. 2021 [cit. 2021-12-18]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Pot%C3%A1p%C4%9B%C4%8Dsk%C3%BD_zvon#/media/Soubor:Diving_bell.jpg
- [36] KOLOMÝ, Rudolf. *Historie objevů jako motivační prvek ve výuce fyziky: Pro vnitřní potřebu škol Jihočes.kraje*. České Budějovice: Krajský pedagogický ústav, 1989.
- [37] ŠOLC, Martin. Od slunečních skvrn k astrofyzice: Milníky historie pozorování a výzkumu Slunce. *Astropis: Astronomický časopis* [online]. 2007, 2007 (2007), 1-10 [cit. 2021-07-28]. Dostupné z: <http://www.astropis.cz/Denik/2007/solc.pdf>
- [38] HERSCHEL, William. Experiments on the Refrangibility of the Invisible Rays of the Sun. *Philosophical Transactions*. London: Royal Society, 1800, 1800 (90), 284-292.
- [39] STROUHAL, Čeněk. *Akustika*. Praha: Jednota českých matematiků, 1902.
- [40] STROUHAL, Čeněk. *Mechanika*. Praha: Jednota českých matematiků, 1901.
- [41] Stáhnout OBS Studio. In: *OBS: Open Broadcaster Software* [online]. OBS Studio Contributors, c2012-2022 [cit. 2022-01-25]. Dostupné z: <https://obsproject.com/cs/download>
- [42] Přípona souboru mkv. In: *Přípony, formáty souborů: Jak a v čem přehrát, rozbalit, změnit, editovat, otevřít, komprimovat, převést soubor s příponou mkv (Video*

- soubory) [online]. superia.cz, 2021 [cit. 2022-01-29]. Dostupné z: https://pripony.superia.cz/video_soubory/mkv.php
- [43] Co je formát MKV?. In: *Https://www.apowersoft.cz/* [online]. WANGXU TECHNOLOGY CO., LIMITED, 2022 [cit. 2022-01-29]. Dostupné z: <https://www.apowersoft.cz/co-je-format-mkv.html>
- [44] *Audacity* [online]. Audacity, 2022 [cit. 2022-01-25]. Dostupné z: <https://www.audacityteam.org/>
- [45] MALÍŠEK, Vladimír. *Co víte o dějinách fyziky*. Praha: Horizont, 1986. Malá moderní encyklopedie (Horizont).
- [46] Von Guericke's Halbkugelexperiment: Physik & Vakuumtechnik & Luftdruck. In: *Deutsche Fotothek* [online]. Dresden: Sächsische Landesbibliothek [cit. 2022-02-19]. Dostupné z: <http://www.deutschefotothek.de/documents/obj/88965668>
- [47] Magdeburské polokoule. In: *CONATEX: učební pomůcky* [online]. Praha 6: CONATEX-DIDACTIC učební pomůcky, s.r.o. [cit. 2022-02-20]. Dostupné z: https://www.conatex.cz/catalog/fyzika/mechanika/kapaliny_a_plyny_vakuova_cerpadla/product-magdeburske_polokoule/sku-1023528#.YhJzX-jMJD8
- [48] T-10-40-N. In: *UNIMAGNET* [online]. Praha 6: UNIMAGNET s.r.o., 2022 [cit. 2022-06-11]. Dostupné z: https://www.unimagnet.cz/t-10-40-n_z61/
- [49] SERAFÍN, Čestmír. *Bezpečnost a ochrana zdraví při práci: soubor textů*. 2007.
- [50] GP ReCyko 200 (9V), 1 ks. In: *Alza.cz* [online]. Praha: Alza.cz a.s., c1994-2022 [cit. 2022-04-06]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/gp-recyko-200-9v-1-ks-d5888044.htm>
- [51] Voltcraft P9-4. In: *Alza.cz* [online]. Praha: Alza.cz a.s., c1994-2022 [cit. 2022-04-06]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/voltcraft-p9-4-d6166451.htm>
- [52] PLA - Grafitová Černá. In: *Filament PM* [online]. Chudobín: Plasty Mladeč, 2022 [cit. 2022-05-30]. Dostupné z: <https://www.filament-pm.cz/pla-grafitova-erna-1-75-mm-0-5-kg/p172>
- [53] Skákající plamen při zapalování svíčky. In: *Fyzmatik: píše* [online]. [cit. 2022-05-30]. Dostupné z: <https://fyzmatik.pise.cz/1677-skakajici-plamen-pri-zapalovani-svicky.html>
- [54] Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání (RVP ZV). In: *Edu.cz* [online]. Praha: Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy, 2020 [cit. 2022-06-01]. Dostupné z: <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcovy-vzdelavacici-program-pro-zakladni-vzdelavani-rvp-zv/>
- [55] *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. In: . Praha: MŠMT, 2021. Dostupné také z: <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcovy-vzdelavacici-program-pro-zakladni-vzdelavani-rvp-zv/>

Přílohy

Příloha 1: Dotazník pro učitele

Faradayův elektromotor

1. Zdá se Vám návod na stavbu aparatury a provedení pokusu dostatečně srozumitelný a přehledný?

- a) Ano.
- b) Ne.

Pokud ne, co byste změnil/a?

2. Zdají se Vám rozměry aparatury vhodně zvolené?

- a) Ano.
- b) Ne.

Pokud ne, co byste změnil/a?

3. Kdybyste si aparaturu stavěl/a sám/sama, použil/a byste stejný materiál?

- a) Ano.
- b) Ne.

Pokud ne, jaký materiál byste použil/a?

4. Kdybyste si mohl/a zvolit zdroj elektrického napětí, jaký byste použil/a?

5. Je podle Vás nutné mít v obvodu zařazený kolébkový vypínač?

- a) Ano.
- b) Ne.

6. Jakým způsobem byste vyřešil/a umístění magnetu v nádobě?

7. Pokud byste pokus opakoval/a v hodině fyziky, jaké provedení byste zvolil/a?

- a) Frontální.
- b) Demonstrační.
- c) Pokus bych vůbec neděl/a.

8. V čem spatřujete největší problém při případném frontálním provedení pokusu?

9. Nechal/a byste žáky vyrábět aparaturu pro provedení pokusu?

- a) Ano.
- b) Ne.
Rozeptešte, prosím, proč jste se tak rozhodl/a.

Příloha 2: Vyplněné dotazníky

Faradayův elektromotor

1. Zdá se Vám návod na stavbu aparatury a provedení pokusu dostatečně srozumitelný a přehledný?

- a) ☒ Ano.
- b) ☐ Ne.

Pokud ne, co byste změnil/a?

2. Zdají se Vám rozměry aparatury vhodně zvolené?

- a) ☒ Ano.
- b) ☐ Ne.

Pokud ne, co byste změnil/a?

3. Kdybyste si aparaturu stavěl/a sám/sama, použil/a byste stejný materiál?

- a) ☒ Ano.
- b) ☐ Ne.

Pokud ne, jaký materiál byste použil/a?

4. Kdybyste si mohl/a zvolit zdroj elektrického napětí, jaký byste použil/a?

BLESK :)

5. Je podle Vás nutné mít v obvodu zařazený kolébkový vypínač?

- a) ☐ Ano.
- b) ☒ Ne.

6. Jakým způsobem byste vyřešil/a umístění magnetu v nádobě?

NAPEVNO PŘÍDELAT NAPŘ LEPIDLEM NA SKLO (SILIKON)

7. Pokud byste pokus opakoval/a v hodině fyziky, jaké provedení byste zvolil/a?

- a) ☒ Frontální.
- b) ☐ Demonstrační.
- c) ☐ Pokus bych vůbec neděl/a.

8. V čem spatřujete největší problém při případném frontálním provedení pokusu?

NE VŠICHNI MOHOU VIDĚT CELÝ POSTUP/VÝSLEDEK.
ZÁLEŽÍ NA PROSTOROVÝCH DISPOZICÍCH TŘÍDY A POČTU ŽÁKŮ.

9. Nechal/a byste žáky vyrábět aparaturu pro provedení pokusu?

- a) ☒ Ano.
Rozepište, prosím, proč jste se tak rozhodl/a.

JE TO BEZPEČNÉ A, PŘI DĚLBĚ PRÁCE VE
SKUPINĚ I REKULCE

- b) ☐ Ne.
Rozepište, prosím, proč jste se tak rozhodl/a.

Faradayův elektromotor

1. Zdá se Vám návod na stavbu aparatury a provedení pokusu dostatečně srozumitelný a přehledný?

- ☒ a) Ano.
☐ b) Ne.

Pokud ne, co byste změnil/a?

2. Zdají se Vám rozměry aparatury vhodně zvolené?

- ☒ a) Ano.
☐ b) Ne.

Pokud ne, co byste změnil/a?

3. Kdybyste si aparaturu stavěl/a sám/sama, použil/a byste stejný materiál?

- ☒ a) Ano.
☐ b) Ne.

Pokud ne, jaký materiál byste použil/a?

4. Kdybyste si mohl/a zvolit zdroj elektrického napětí, jaký byste použil/a?

Zvolila bych baterii jako v pokusu.

5. Je podle Vás nutné mít v obvodu zařazený kolébkový vypínač?

- ☐ a) Ano.
☒ b) Ne.

6. Jakým způsobem byste vyřešil/a umístění magnetu v nádobě?

Skříní

7. Pokud byste pokus opakoval/a v hodině fyziky, jaké provedení byste zvolil/a?

- a) Frontální.
- ☒ b) Demonstrační.
- c) Pokus bych vůbec neděl/a.

8. V čem spatřujete největší problém při případném frontálním provedení pokusu?

- nepozornost, nezájem,

9. Nechal/a byste žáky vyrábět aparaturu pro provedení pokusu?

- ☒ a) Ano.
Rozepište, prosím, proč jste se tak rozhodl/a.

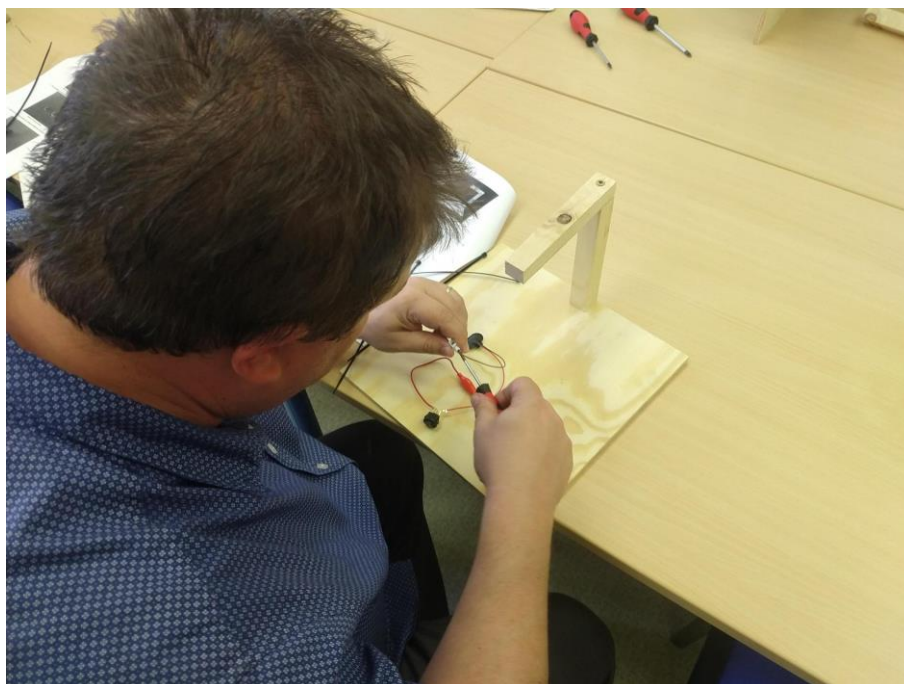
*děti by měli mít rádi radost z úspěchu
při provádění.*

- b) Ne.
Rozepište, prosím, proč jste se tak rozhodl/a.

Příloha 3: Fotografie z ověřování (MAS Tábořsko)



Sestavování aparatury pro Faradayův elektromotor



Účastník ověřování při práci