



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

Počítačem podporovaná výuka fyziky bezdrátovými senzory Vernier

Vypracoval: Bc. Vojtěch Míka

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

České Budějovice 2024

Prohlášení

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

V Českých Budějovicích dne 12. dubna 2024

Vojtěch Míka

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce Mgr. Vladimírovi Vochozkovi Ph.D. za ochotu, odborné vedení a cenné rady, které mi během mého psaní poskytl.

Děkuji za ochotu svým kolegům z ročníku, kteří mi umožnili ověřit pokusy v jejich hodinách. Zároveň děkuji kolegům z Gymnázia Strakonice a studentům učitelství fyziky Pedagogické fakulty Jihočeské univerzity za ochotu k ověřování pokusů.

Abstrakt

V diplomové práci je vytvořena sada školních pokusů v prostředí sníženého tlaku vzduchu s využitím bezdrátových senzorů GoDirect od společnosti Vernier, který je zde podrobně popsán. Navržených sedm experimentů pokrývá široké spektrum fyzikálních oblastí, experimenty jsou zde představeny s podrobným popisem teorie, postupu, který zahrnuje využití šesti různých senzorů, i modelového zpracování. Pomocí akčního výzkumu byly tyto experimenty ověřeny jak ve výuce fyziky na základních školách a gymnáziích, tak i odbornou veřejností (učitelé fyziky, studenti učitelství fyziky) zaměřenou na výuku fyziky. Ověřováním ve školách bylo zjištěno, že všechny pokusy většina testovaných žáků chápe. U dotázaných učitelů a studentů učitelství panuje u většiny pokusů shoda na využití ve výuce fyziky. V případě pokusu týkajícího se měření větru ve vakuu polovina dotázaných pochybuje o jeho využití. Hlavní zjištěním však je, že navržené pokusy jsou popsány a provedeny správně a je možné je použít při výuce fyziky jak na základních školách, tak i na gymnáziích (popř. jiných středních školách vyučujících fyziku).

Klíčová slova: pokus, počítačem podporovaná výuka, Vernier, vakuum, vývěva

Abstract

In this thesis, a set of school experiments in a reduced air pressure environment using Vernier's GoDirect wireless sensors is developed and described in detail. The proposed seven experiments cover a wide range of physics, and the experiments are presented with a detailed description of the theory, the procedure, which involves the use of six different sensors, and the model processing. Through action research, these experiments have been validated in physics teaching in primary and secondary schools as well as by professionals (physics teachers, physics education students) focused on physics education. Verification in schools revealed that all experiments were understood by the majority of the tested students. There is a consensus among the interviewed teachers and student teachers on the use of most of the experiments in physics teaching. In the case of the experiment concerning the measurement of wind in a vacuum, half of the respondents doubt its use. The main finding, however, is that the proposed experiments are described and performed correctly and can be used in physics teaching in both primary and secondary schools (or other secondary schools teaching physics).

Key words: experiment, computer-supported teaching, Vernier, vacuum, vacuum pump

Obsah

1	Úvod	6
2	Experiment ve výuce fyziky	7
3	Vývěva	9
4	Měřicí systémy v ČR	13
5	O systému Vernier	14
6	Práce v programu Graphical Analysis	18
7	Praktická část	23
7.1	Měření hladiny intenzity zvuku v závislosti na atmosférickém tlaku	23
7.2	Měření a porovnání tlaku v různých typech vývěv	27
7.3	Měření poklesu hydrostatického tlaku při změně atmosférického tlaku.	31
7.4	Měření rychlosti větru za sníženého tlaku	35
7.5	„Vznes se dron ve vakuu?“	40
7.6	Měření přenosu tepla ve vakuu	46
7.7	Měření pohlcování alfa, beta a gama záření ve vakuu.....	53
8	Experimentální část	59
8.1	Akční výzkum.....	59
8.2	Pilotáž pokusů.....	59
8.3	Ověření pokusů před žáky	67
9	Závěr	75
	Seznam zdrojů.....	76
	Přílohy.....	81

1 Úvod

Základním prvkem v procesu získávání poznatků fyziky je pozorování a analýza fyzikálních jevů, přičemž je snaha je identifikovat a porozumět jejich zákonitostem a principům. Tyto poznatky jsou pak transformovány do formy fyzikálních zákonů, které umožňují lépe porozumět fungování světa kolem nás. [1]

Fyzikové systematicky vytváří experimentální situace, kde je možné řídit a kontrolovat podmínky, aby bylo možné opakovaně testovat jevy a děje za stejných okolností. Tato vědecká metoda je známa jako fyzikální experiment či pokus, a umožňuje zkoumat fyzikální jevy a získávat spolehlivé poznatky o fungování přírody. [1]

Cílem této práce je zanalyzovat výskyt již navržených pokusů v oblasti vakua a navrhnout nové pokusy (popř. obměnit stávající) tak, aby bylo možné je pomocí bezdrátových senzorů měřit přímo v hodinách fyziky.

Teoretická část se bude zabývat průzkumem existujících pokusů v kurikulárních dokumentech, učebnicích fyziky, kvalifikačních pracích apod. Dále pak bude obsahovat popis problematiky vývěv a vakua, popis senzorů od firmy Vernier a návod k jejich obsluze.

V praktické části bude obsažen návrh sady pokusů, které pokrývají různé oblasti fyziky. Každý pokus bude podrobně popsán, včetně teoretických východisek. Součástí pokusů bude i jeho cíl a seznam pomůcek, potřebných k jeho provedení. Dále bude u každého pokusu obsažen podrobný návod k jeho provedení při výuce.

Závěrečná, experimentální část práce bude zaměřena na ověření a pilotáž navržených pokusů mezi odbornou veřejností a žáky základních škol a nižších stupňů gymnázií. Budou zde prezentovány výsledky ověření a případné návrhy na úpravy pokusů.

2 Experiment ve výuce fyziky

Jedním ze základních poznávacích způsobů fyzika je fyzikální experiment. Ten může sloužit at' už pro objevení nových fyzikálních zákonů, nebo pro ověření již předpovězených teorií. V přírodě je totiž většina fyzikálních dějů dynamická, s mnoha proměnnými, a je proto složité je zkoumat a rozebírat přímo. [1]

Ve fyzikální vědě proto slouží experiment k umělému navození daného děje, přičemž si můžeme předem stanovit podmínky, za kterých můžeme experiment opakovat. Zároveň při této vědecké metodě můžeme dané podmínky různě obměňovat. [1]

2.1 Školní pokus

Fyzikální experiment ve školském prostředí označujeme jako fyzikální *pokus*. Školní pokusy ve fyzice je možné dělit do několika skupin. Nepochází u nich k objevování nových fyzikálních zákonitostí jako takových, ale pro žáky jsou nové, a školní pokus tedy plní především didaktickou funkci. Zároveň je charakteristický svou metodikou, technikou provádění apod. [1]

2.2 Pokusy podle zaměření

Jedná se o pokusy, které rozlišujeme podle toho, zdali je provádí učitel nebo žák, popř. skupina žáku. [1]

Demonstrační pokus

Tento typ pokusu je charakteristický tím, že se v jedné chvíli předvádí celé třídě. Pozornost všech žáků je tím pádem v danou chvíli koncentrována na pokus. Ten může provádět buď sám učitel, nebo ho může provádět s pomocí některého z žáků. [1]

Žákovský pokus

Tento typ pokusu provádí buď samotný žák, nebo skupina žáků. Výhodou této metody je užší kontakt žáka s řešeným problémem, více motorického zapojení a učení se novým metodám poznávání. Další výhodou tohoto typu pokusu je ta, že žáci mohou provádět některé z pokusů doma. [1]

Žák může provádět pokus podle návodu (at' už od učitele nebo z učebnice) nebo samostatnější žák si může provedení pokusu navrhnout sám a učitel mu ho, v případě správnosti, schválí. [1]

Dále je možné žákovské pokusy dělit podle organizace. A to na individuální (žák provádí pokus sám, většinou ho ukazuje třídě), skupinové, frontální a laboratorní práce. [1]

2.3 Pokusy z hlediska logické povahy

Z toho hlediska rozlišujeme pokusy na dva druhy, a to na *kvalitativní* a *kvantitativní*. Oproti laboratorním pracím (či fyzikálním praktikům) se oba typy těchto pokusů podílejí na výuce podobnou frekvencí a důležitostí. [2]

Kvalitativní pokus

Smyslem kvalitativního pokusu je ověření existence fyzikálního jevu, nikoliv vyvození matematických vzorců a zákonitostí. Často tyto pokusy lze předvést pomocí jednoduchých, nebo dokonce improvizovaných pomůcek. Např. ukázka přitahování nebo odpuzování zelektrovaných těles či existence odporu vzduchu při pádu různě tvarovaných těles. [2]

Kvantitativní pokus

Při provádění kvalitativních pokusů nám jde o zjišťování matematických zákonitostí mezi fyzikálními veličinami. Na jejich základě poté vyjadřujeme fyzikální zákony. Činnost, kterou při provádění kvantitativního pokusu vykonáváme, nazýváme *měřením*. [1]

Jsou náročnější na vybavení, a navíc při nich potřebujeme dosáhnout přesvědčivých výsledků. Přesnost měření je však často na úkor požadavku dobré viditelnosti. Čím větší jsou např. měřicí dílky na stupnici (aby je žáci lépe viděli i ze zadních lavic), tím větší je chyba měření. [2]

Není-li možné ze stupnice měřicího přístroje dobře odečítat z dálky, můžeme si pozvat některého z žáků k odečtení hodnot. Je však důležité ho kontrolovat, jestli dobře odečítá ze stupnice apod. Nepřesnosti v měření poté můžeme diskutovat s žáky a předejít tím jejich nedůvěře v provedení pokusu. [1]

2.4 Pokusy z hlediska didaktické funkce

Z hlediska didaktické funkce můžeme pokusy rozdělit do několika skupin. Z hlediska použití ve výuce může mít jeden pokus více didaktických funkcí. To závisí především na tom, kdy a jakým způsobem se ho učitel rozhodne do své výuky zařadit. [1]

Heuristický pokus

Z hlediska významnosti jde o jeden z nejdůležitějších typů pokusů ve výuce. Je to proto, že žáci při něm sami „odhalují“ fyzikální jevy a jejich zákonitosti. Především se žáci stávají samotnými objeviteli těchto jevů a aktivně se zapojují do vyučovacího procesu. Zároveň tím napodobují činnost experimentálního fyzika. [1; 2]

Ověřovací pokus

Tento typ je využíván především v situacích, kdy už jsou žáci s fyzikálním zákonem seznámeni (ať už je zákon odvozen nebo pouze dogmaticky sdělen). Je-li to možné, je vhodné, aby byl daný fyzikální zákon vhodným pokusem ověřen. Platí to i v případě, kdy žáci navrhnou své vlastní pokusy v rámci řešení fyzikální úlohy. [1]

Žáci by se měli aktivně účastnit i těchto pokusů. Míra jejich činnosti už však není tak velká jako při provádění heuristického pokusu. [2]

3 Vývěva

3.1 Vakuum, vývěva a její druhy

Vakuum je ve fyzice označován prostor, ve kterém je tlak podstatně nižší, než je atmosférický tlak. Tato definice je postačující především pro technické a inženýrské obory. Lze se i setkat s termínem „dokonalé vakuum“. Tento termín označuje stav, ve kterém nejsou přítomny žádné částice hmoty a ani záření. Pro účely této práce však bude stačit chápat vakuum jako prostor s tlakem podstatně nižším, než je atmosférický tlak okolí. [3; 4]

Pro jeho popis se používají jednotky tlaku p (pascaly), popř. koncentrace částic n či střední volná dráha molekul. Z hlediska těchto veličin můžeme odlišit vícero druhů vakua. Jednotlivé druhy shrnuje Tabulka 3.1. [3]

Tabulka 3.1: Rozdělení vakua podle tlaku a koncentrace částic. [3]

vakuum	nízké	střední	vysoké	velmi vysoké	extrémně vysoké
p (Pa)	10^5-10^2	10^2-10^{-1}	$10^{-1}-10^{-5}$	$10^{-5}-10^{-10}$	$<10^{-10}$
n (cm ⁻³)	$10^{19}-10^{16}$	$10^{16}-10^{13}$	$10^{13}-10^9$	10^9-10^4	$<10^4$

Aby bylo možné vakua dosáhnout (nehledě na jeho druh), je zapotřebí přístroje, který se nazývá „vývěva“. Princip vývěvy spočívá ve vytvoření nižšího tlaku než atmosférického v nádobě, ze které je následně díky tomuto rozdílu tlaku odčerpáván plyn. Základní charakteristikou vývěvy je tzv. mezní tlak. Je to nejnižší možný tlak, který jsme schopni danou vývěvou ve vakuovém systému získat. V průběhu historie byly vynalezeny různé druhy vývěv, od vodní vývěvy, která dosáhne mezního tlaku řádově 10^3 Pa, až po např. turbomolekulární vývěvu, jež je schopná vyčerpat plyn na hodnotu mezního tlaku řádově 10^{-9} Pa. [3; 4]

Stěžejní oblastí této práce jsou fyzikální pokusy se školní vývěvou. Popsané pokusy byly prováděny s dvoustupňovou rotační olejovou vývěvou od výrobce Galaxair (model 2VP-71). Distributorem této vývěvy a jejího příslušenství je firma Conatex. Její součástí je talíř s gumovým těsněním a elektrickými přípojkami, recipient (skleněný zvon) a dvoumetrová hadice [5]. Zároveň je v práci použita i pístová vývěva, a to kuchyňská a školní.

Rotační olejová vývěva pracuje na základě Boyleova-Mariottova zákona. Asymetrický rotor s dvěma lopatkami je umístěn ve statoru, přičemž při rotaci rotoru dochází k nasávání plynu do vývěvy a následnému vytlačování přes výstupní ventil a olejovou vrstvu. Olej plní několik funkcí, včetně mazání třecích ploch, odvádění tepla a vyrovnávání nerovností mezi rotorem a státorem. Její pracovní teplota je 50-60 °C. [3]

Pístová vývěva také pracuje na principu Boyleova-Mariottova zákona, při zvětšení objemu dochází k poklesu tlaku. Princip spočívá v tom, že píst nasává plyn skrz vstupní ventil a vytlačuje ho ven skrz výstupní ventil. [3]

3.2 Analýza výskytu školních pokusů s vývěvou v online prostředí

Kuchařka jednoduchých pokusů od firmy Vernier obsahuje pouze jeden pokus s pomocí vývěvy. Pokus je zaměřen na demonstraci pohlcování alfa záření za sníženého tlaku a k měření četnosti záchytů jednotlivých alfa částic bylo použito bezdrátové čidlo radioaktivity GDX-RAD. Pro ukázkou závislosti pohlcování alfa záření na tlaku se v kuchyňské vývěvě nachází ještě navíc bezdrátové čidlo tlaku GDX-GP. [6]

Výrobce měřicích senzorů PASCO na svých stránkách odkazuje na web experimentuje.cz, kam jsou nahrávány návody na pokusy z přírodovědných předmětů, a tedy i z fyziky. Na tomto webu se však nenachází ani jeden pokus, který by byl prováděn s vakuem (vývěvou). [7]

Měřicí a laboratorní studio iSES (Internetové Školní Experimentální Studio) jakožto vzdělávací platforma má kromě nabídky měřicích souprav na svém webu i záložku s publikovanými experimenty. Většina z nich je však zaměřena na oblast elektřiny a magnetismu a žádný z nich ani z ostatních oblastí neobsahuje jako pomůcku vývěvu. [8]

Více experimentů s vakuem je možné nalézt na různých kanálech na webu Youtube. Většina videí však obsahuje pokusy kvalitativní, mezi které patří typicky např. „lifting“ jablka, nafukování Marshmallows, šíření zvuku ve vakuu nebo přečerpávání kapaliny pod vývěvou. [9; 10; 11] V jednom z videí jsou použity měřicí bezdrátové senzory, konkrétně tlaku a teploty. Jde o pokus, který ukazuje závislost bodu varu vody na okolním tlaku. [12]

V publikaci od [13] jsou uvedeny ještě další pokusy, např. s Magdeburskými polokoulemi, demonstrace Archimédova zákona pro plyny nebo proražení folie atmosférickou tlakovou silou. [13]

3.3 Analýza výskytu tématu vývěvy a vakua v učebnicích (pro ZŠ a Gymnázia)

V učebnicích od nakladatelství Prometheus lze najít zmínku o podtlaku, vakuu a nastínění principu získávání vakua odčerpáváním vzduchu. Nejprve je zmíněn atmosférický tlak a v souvislosti s jeho měřením je zmíněn Torricelliho pokus, kde už je možné najít zmínku o vakuu, které vznikne nad 760mm sloupcem rtuti při provádění pokusu. V následujících podkapitolách o vztahové síle a tlaku plynu v uzavřené nádobě je popsán pokus k ověření Archimédova zákona v zemské atmosféře. Vývěva má v sobě rovnoramennou páku, která je v rovnováze, je-li ve vývěvě atmosférický tlak. Po odčerpání dojde k narušení rovnováhy, a tím je dokázána existence vztahové síly vzduchu. Dále je na příkladu gumového zvonu zmíněn podtlak a že na principu vytvoření podtlaku fungují různé pumpy a čerpadla, včetně vývěv. [14]

V učebnici pro 8. ročník je v jednom odstavci představen pokus s budíkem ve vývěvě, který slouží pro důkaz toho, že se zvuk šíří hmotným prostředím. [15]

Téma vakua a atmosférického tlaku je v učebnicích od nakladatelství SPN obsaženo vesměs podobně, liší se však počet zmíněných pokusů spojených s těmito tématy a s vývěvou. [16; 17]

Ve třetím díle jsou z historických pokusů zmíněny Torricelliho pokus a Magdeburské polokoule. V části této podkapitoly nazvané „úlohy na procvičení dovedností a

odhadu“ je zadání pokusu, kdy se má dovnitř vývěvy dát starší scvrklé jablko a žák má výsledek pokusu poté vysvětlit. Dále je pak ještě zmíněna vývěva jako přístroj, pomocí něhož je možné vyčerpáním části vzduchu z pod víka vytvořit podtlak. Na konci kapitoly je vysvětlený pojem vakua a je zde i naznačeno, že existují různé druhy (stupně) vakua a jaké hodnoty tlaku dosáhneme klasickou školní rotační olejovou vývěvou. [16]

V posledním díle sady učebnic SPN je v kapitole „Zvukové jevy“ popsán pokus, kdy je pod víko vývěvy vložen budík a žáci mají počkat na jeho zazvonění a přesvědčit se, zdali bude jeho zvonění slyšet, či ne. Na konci stejné podkapitoly je ještě v části „úloha vyžadující vaše vědomosti“ otázka pro žáky „Proč se nemůže šířit zvuk ve vakuu?“. [17]

Vakuum a pokusy s ním jsou obsaženy i v učebnicích od nakladatelství Fraus. V 1. díle je zmíněno pouze v souvislosti s definicí jednoho metru. [18]

Ve 2. díle je tato tematika probírána více. V kapitole „Plyny“ má vakuum, společně s podtlakem a přetlakem, vlastní podkapitolu. Zde je pojem vakua vysvětlen, a navíc je zmíněno i to, co to znamená dokonalé vakuum a že ho není možné dosáhnout. Dále pak tato podkapitola obsahuje vysvětlení toho, co je to vývěva, včetně zmínky o dvou typech vývěvy, a to pístové a rotační olejové vývěvy. Pokus je zde formulován otázkou „Co se stane s málo nafouknutým balonkem, který umístíme pod zvon vývěvy po jejím spuštění?“. [19]

V 3. díle je nejprve zmíněno v kapitole o tepelných jevech, konkrétně v podkapitole o vedení tepla. Tam je uvedeno, že vakuum neobsahuje atomy a nemůže tedy přenášet teplo vedením. Navíc je zde i ilustrace a vysvětlení Dewarovy nádoby. V následující podkapitole o proudění a záření je taktéž zmíněno v souvislosti s tepelným zářením a jeho možným přenosem skrze vakuum a dále pak je v kapitole o zvukových jevech uveden pokus s budíkem ve vakuu. [20]

V posledním díle je vakuum pouze zmíněno okrajově v souvislosti s elektromagnetickými jevy, polovodiči (vakuová dioda), světlem a provedením Rutherfordova experimentu. [21]

V učebnicích pro gymnázia od nakladatelství Prometheus je zmínka o pokusech o vývěvou a vakuem prakticky stejná, jako u učebnic pro ZŠ. V první díle „Mechanika“ je zmíněn Torricelliho pokus a pokus s rovnoramennou pákou ve vývěvě pro demonstraci vztlakové síly vzduchu. [22]

Ve třetím díle s názvem „Mechanické kmitání a vlnění“ je pouze jediná zmínka o vakuu a vývěvě, a to opět v souvislosti s šířením zvuku od zdroje pod víkem vývěvy. [23]

3.4 Analýza výskytu tématu vývěvy v RVP ZV a RVP G

V Rámcovém vzdělávacím programu pro základní školy [24] není explicitně zmíněn pojem vakua a vývěvy. Nicméně jako očekávaný výstup z tematického okruhu „Mechanické vlastnosti tekutin“ je uvedeno, že žák „využívá poznatky o zákonitostech tlaku v klidných tekutinách pro řešení konkrétních praktických problémů“. Jako učivo je zde, mimo jiné, zmíněn hydrostatický a atmosférický tlak, resp. jeho souvislost s některými procesy v atmosféře. [24]

Rámcový vzdělávací program pro gymnázia [25] se nezmiňuje o učivu „Mechanika tekutin“ a tudíž zde nejsou uvedeny pojmy jako: *hydrostatický tlak*, *atmosférický tlak*, *vakuum*. [25]

4 Měřicí systémy v ČR

Výuka fyziky na základní, popř. střední škole, by se neměla obejít bez pokusů a využití moderních technologií při jejich provádění. K tomuto účelu existuje řada přístrojů, díky kterým je možné žákům ukázat průběh a výsledky experimentů. [1]

V Česku je na trhu dostupná řada senzorů a dataloggerů od různých výrobců. Jde o výrobky značky PASCO, Vernier, Neulog, ISES nebo PHYWE. [26]

Tato práce je zaměřena na pokusy s bezdrátovými senzory Go Direct od výrobce Vernier.

4.1 Měřicí systém Vernier

Firma Vernier (celým názvem Vernier Software and Technology) vznikla v roce 1981 v Oregonu, USA. Založil ji tehdy středoškolský učitel fyziky Dave Vernier se svou ženou Christine. Dave chtěl obohatit svou výuku a udržet studenty zapojené během vyučování. Při své výuce často používal demonstrační pokusy a zároveň nechával studenty plnit laboratorní úlohy. Za tímto účelem si začal vytvářet svá zařízení, která byla schopna při výuce ukazovat měřená data v reálném čase. [27]

Do roku 1984 Dave ještě pracoval jako učitel. Poté však tuto profesi opustil, jelikož se jeho firmě dařilo čím dál tím víc. Firma se od té doby rozrostla tak, že v současnosti má okolo 115 zaměstnanců, spolupracuje se světovými firmami jako je např. Google, Microsoft, LEGO Education a mnoha dalšími. Vernier je v dnešní době v popředí, co se týče vývoje měřících a vzdělávacích technologií. [27]

Pro Českou republiku je distributorem firma Edufor s.r.o., jejíž účelem je distribuce a prodej senzorů do škol. Zároveň poskytuje poradenství, školení pro učitele, servis, vývoj aplikací a další služby týkající se systému Vernier. [28; 27]

5 O systému Vernier

5.1 Senzory

Vernier nabízí celou řadu senzorů, pomocí nichž je možné měřit a experimentovat. Zaměřuje se především na oblasti fyziky, chemie a biologie, ale i dalších přírodních věd. Senzory a čidla je možné rozdělit do dvou skupin z hlediska konektivity. [28]

Starší čidla potřebují k měření připojení přes univerzální sériovou sběrnici – Universal Serial Bus (USB), které je možné buď rovnou připojit do počítače, nebo se pomocí USB kabelu připojí do rozhraní, jehož účelem je buď rovnou zobrazit naměřená data, popř. grafy nebo tabulky, anebo se rozhraní připojí do počítače, který následně pomocí některého ze softwarů zaznamená průběh měření. Senzory se připojují buď přes analogové připojení – British Telecom Analog (BTA), nebo digitální – British Telecom Digital (BTD). [28]

Novější série senzorů je možné připojit k zařízení (počítači, mobilnímu telefonu, rozhraní) jak přes USB, tak přes Bluetooth. Jsou tedy drátová i bezdrátová. Tato čidla nesou označení „Go Direct“. [26]

5.2 Rozhraní (datalogery)

Rozhraní slouží k propojení měřicích senzorů k počítači, mobilnímu telefonu nebo jiné platformě. Zajišťuje komunikaci mezi senzorem a zařízením, na kterém probíhá vyhodnocování experimentu. [28]

Základní rozhraní je Go!Link. Jedná se o rozhraní, které slouží pro připojení senzorů k počítači pomocí USB. Obsahuje pouze jeden USB port, lze tedy k němu připojit pouze jeden senzor, například čidlo tlaku plynu GPS-BTA (Obrázek 5.2.1). Připojení více senzorů se provádí připojením každého senzoru ke svému rozhraní Go!Link. Výrobce doporučuje pro náročnější experimenty použít jiné rozhraní. Důvodem je i vzorkovací frekvence Go!Linku, jejíž hodnota je 200 Hz. Výjimkou jsou senzory Go!Temp a Go!Motion, což jsou senzory, které lze připojit k počítači bez rozhraní. [29; 28]



Obrázek 5.2.1: Rozhraní Go!Link (vlevo), tlakové čidlo (uprostřed) a teploměr Go!Temp (vpravo). [30]

Pohodlnější datalogery jsou ze série LabQuest. Český distributor nabízí pouze nejnovější verzi, a to LabQuest Mini a LabQuest 3. [28]

Pro uživatele, kteří experimenty dělají ve třídě, je postačující datalogger LabQuest Mini (Obrázek 5.2.2). Jde v podstatě o LabQuest 3, který nemá displej a akumulátor. Také může připojit pouze 5 senzorů (3x BTA a 2x BTD). Připojuje se k počítači pomocí USB kabelu, který zároveň slouží jako napájení. Vzorkovací frekvence je stejná jako u LabQuest 3. [29; 28]



Obrázek 5.2.2: LabQuest Mini [28]

LabQuest 3 (Obrázek 5.2.3) je přenosný datalogger, který je vybavený dotykovým displejem a akumulátorem. Tím pádem je možné pomocí něj vyhodnocovat měření bez nutnosti počítače, proto umožňuje i měření v terénu. [28]

Vzorkovací frekvence je 100 000 Hz a je možné do něj zapojit až sedm senzorů (3x BTA, 2x BTD, 2 USB) a disponuje i Bluetooth pro bezdrátové senzory. Zároveň dokáže vytvořit vlastní Wi-fi síť nebo se připojit k jiné. Lze tedy naměřená data sdílet na ostatní zařízení (tablety, mobily apod.) ve třídě nebo terénu. Navíc má zabudované dva senzory, GPS modul a mikrofon. Na jedno nabití vydrží i několik hodin. [28]

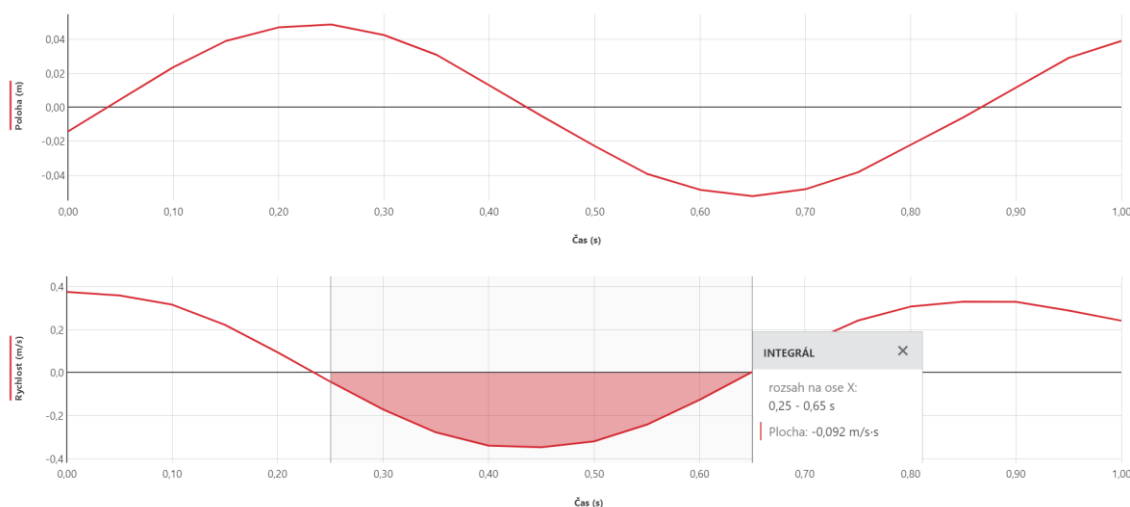


Obrázek 5.2.3: LabQuest 3 [28]

5.3 Software

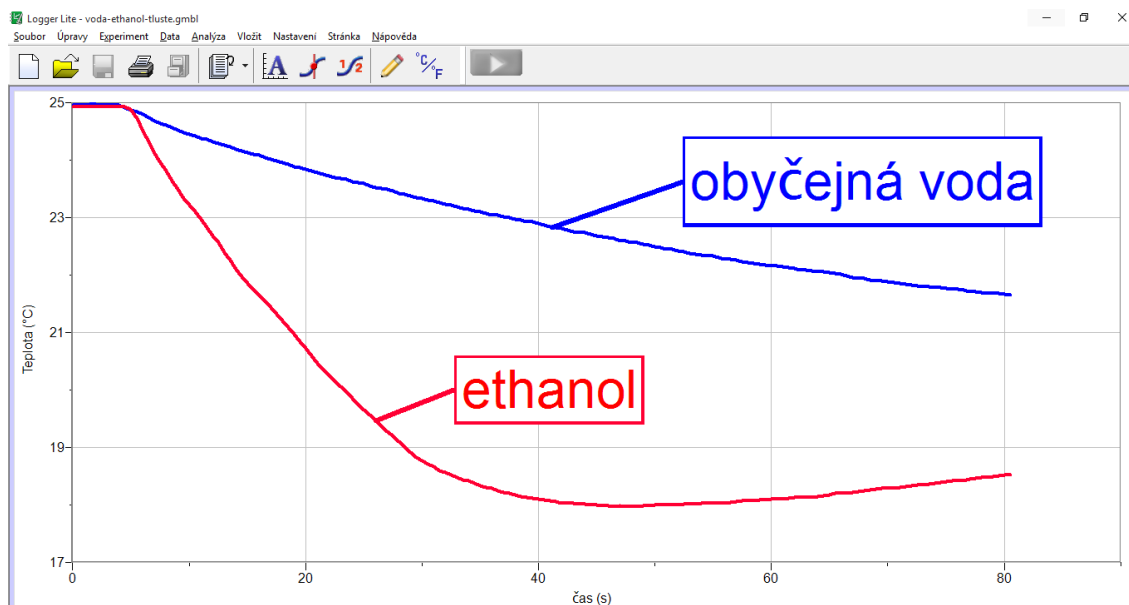
Pomocí senzorů od firmy Vernier můžeme jednoduše zaznamenávat měřené veličiny, vidět průběh jejich měření, zapisovat naměřená data do tabulek a vizualizovat je pomocí grafů. Pro sběr a přenos dat do počítače slouží datalogery. Abychom mohli na počítači, tabletu či mobilním telefonu s daty pracovat, vyvinula společnost Vernier řadu aplikací, které toto umožňují. Zhruba polovina z nabízených softwaru je zdarma. Mezi ně patří Graphical Analysis, Instrumental Analysis, Spectral Analysis a Logger Lite. Mezi ty placené patří dvě verze programu Logger Pro 3 a dvě verze programu LabQuest Viewer. [29; 28]

Graphical Analysis je program, který dokáže zpracovávat a vizualizovat naměřená data a v reálném čase zaznamenávat a ukazovat průběh měření (Obrázek 5.3.1). Při připojení senzorů je dokáže automaticky rozeznat, nastavit měřítko měřených veličin a umožňuje měřené veličiny dle potřeby přejmenovat. Nabízí i celou řadu vizualizací (grafy, tabulky, demonstrační měřák). Je schopný zpracovávat data od více senzorů a zobrazovat více grafů najednou. Výhodou je i to, že nechává žáky odhadnout a nakreslit průběh měření do grafu ještě před započítáním měření. K samotnému měření umožňuje nastavit dobu a frekvenci měření, nepřerušovaný sběr dat, spuštění měření naměřením konkrétní hodnoty. Doplněn je o jednoduchou statistiku naměřených dat, ale disponuje i složitějšími matematickými funkcemi, jakou jsou numerická derivace či numerická integrace. [28; 29]



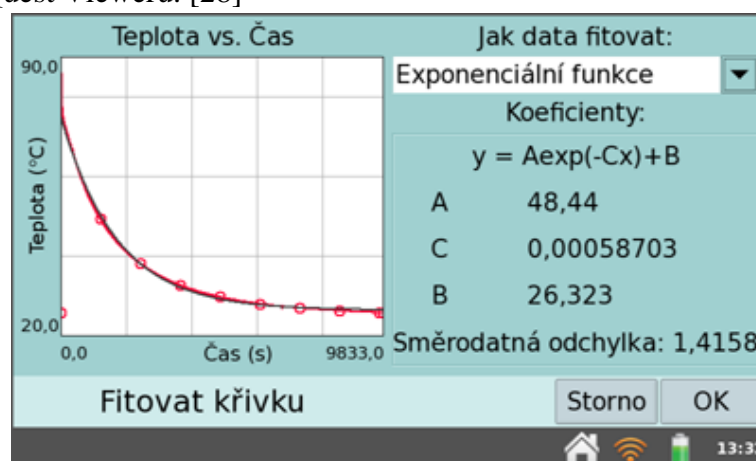
Obrázek 5.3.1: Výpočet plochy pod křivkou v programu Graphical Analysis při měření rychlosti a polohy kmitavého pohybu. [28]

Program Logger Lite (Obrázek 5.3.2) je neplacenou verzí programu Logger Pro 3. Má proto oproti placené verzi různé funkce omezené. Logger Lite je jakousi alternativou k programu Graphical Analysis a až na některé matematické funkce je vesměs podobný. Vznikl dříve než program Graphical Analysis, má tedy i méně matematických a statistických funkcí. Největší rozdíl je však v konektivitě, protože Logger Lite lze připojit pouze k počítači (konkrétně k operačním systémům Windows a MacOS). Oproti tomu Graphical Analysis lze připojit i k zařízením s Androidem či iOS. [28]



Obrázek 5.3.2: Ukázka programu Logger Lite (měření teploty etanolu a vody) [28]

Program LabQuest Viewer (Obrázek 5.3.3) slouží k přenosu a projekci dat z dataloggerů LabQuest. LabQuest 3 je schopen si vytvořit vlastní Wifi síť, ke které se program LabQuest Viewer může připojit a zobrazovat měřené veličiny na počítači. Je proto vhodný například ke školení žáků s LabQuestem 3 či k promítání měřených dat z žáky ovládaných LabQuestů 3. Umožňuje také ovládat LabQuest 3 z počítače nebo pořídit snímek obrazovky a uchovávat obrázky grafů k pozdější práci s nimi. Na obrázku níže je ukázka displeje LabQuest Vieweru. [28]



Obrázek 5.3.3: Ukázka displeje LabQuest Viewer. [28]

Program Spectral Analysis umožňuje studovat spektra, a to jak ve fyzice, tak i chemii a biologii. Je určen především pro Go Direct spektrometr a lze ji používat na počítači tak i na tabletech či mobilních telefonech. [28]

Instrumental Analysis může fungovat také na počítači, tabletu či telefonu. Tento program slouží k měření a vyhodnocování dat, která byla pořízena pomocí chromatografu, polarimetru nebo Go Direct Cyclic Voltammetry System. [28]

6 Práce v programu Graphical Analysis

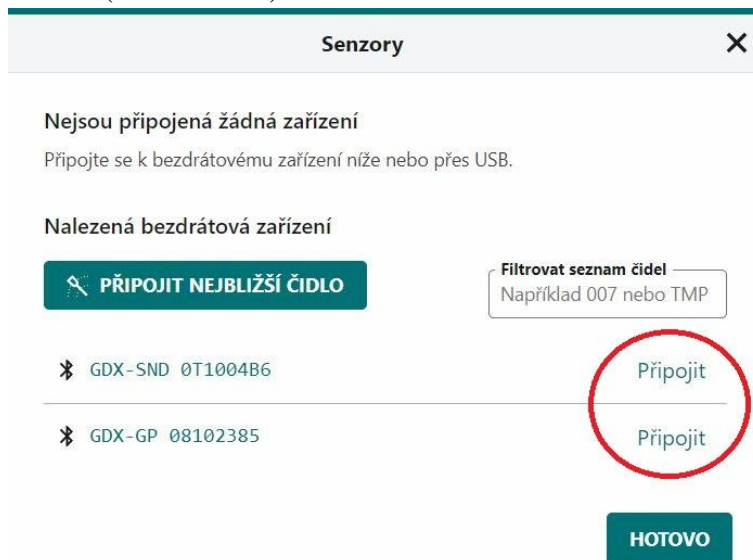
Pro práci s bezdrátovými čidly je určen především program Graphical Analysis (více v podkapitole 5.3). Smyslem této kapitoly je seznámit čtenáře s tímto programem a s tím, jak se v něm nastavují např. měřené veličiny, frekvence měření apod.

Po spuštění programu se otevře úvodní nabídka (Obrázek 6.1). Z té se vybere možnost „Měření pomocí senzorů“.



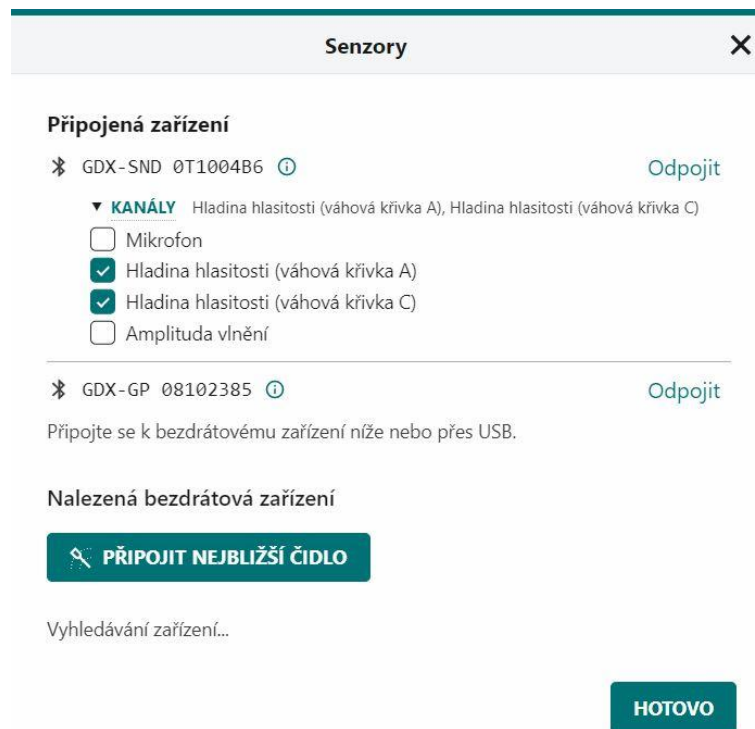
Obrázek 6.1: Úvodní nabídka programu Graphical Analysis.

Následně se objeví okno, které obsahuje seznam dostupných a připojených senzorů. V tento moment je vhodné zapnout příslušné senzory, kterými bude měření prováděno. Zapnuté senzory se objeví v seznamu, kde pomocí tlačítka „připojit“ vpravo od nich připojíme daný senzor k počítači. Připojení senzoru zvuku a senzoru tlaku je zobrazeno na následujícím obrázku (Obrázek 6.2).



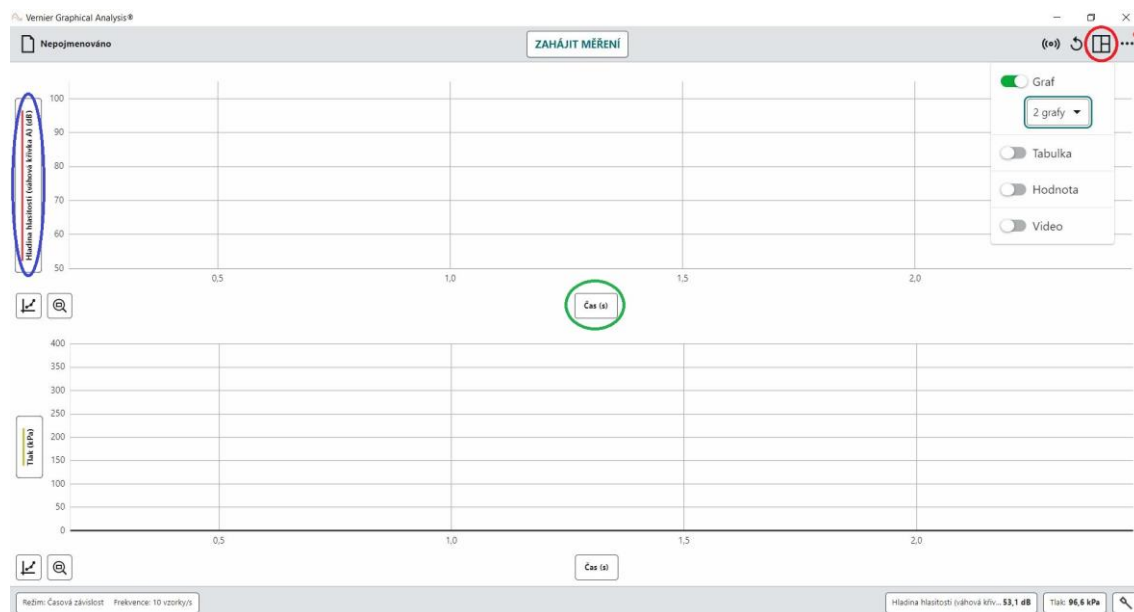
Obrázek 6.2: Připojení senzorů v programu Graphical Analysis.

Senzory se zobrazí jako připojené. Podle typu senzoru a jeho možností měření lze ještě vybrat parametr či parametry měření. Některé senzory mohou měřit více parametrů, a to i současně, jako např. senzor zvuku (Obrázek 6.3)



Obrázek 6.3: Připojení senzorů zvuku a tlaku a volba parametrů měření.

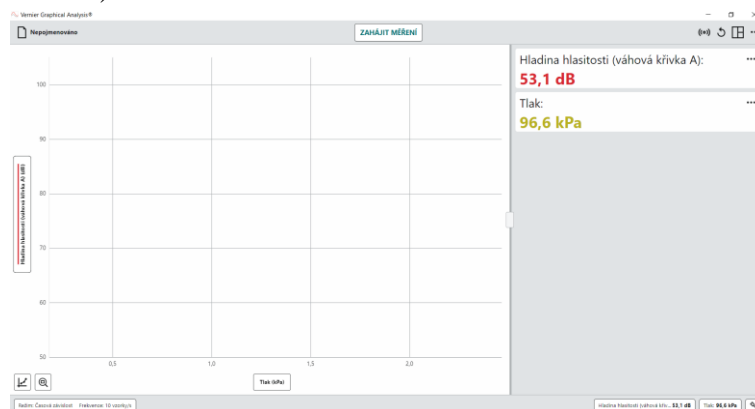
Po připojení program zobrazí dva grafy (Obrázek 6.4) každý pro jednu veličinu od jednoho senzoru.



Obrázek 6.4 : Úprava měřených veličin na osách a úprava počtu grafů.

Počet grafů a veličiny na jejich osách lze jednoduše měnit. Veličina na dané ose se změní kliknutím na její název (modrý a zelený ovál). Následně se otevře výběr dalších veličin, které je možné do osy přidat k měření. Počet grafů se pak upraví kliknutím vpravo nahoře na ikonu zvýrazněnou červenou barvou.

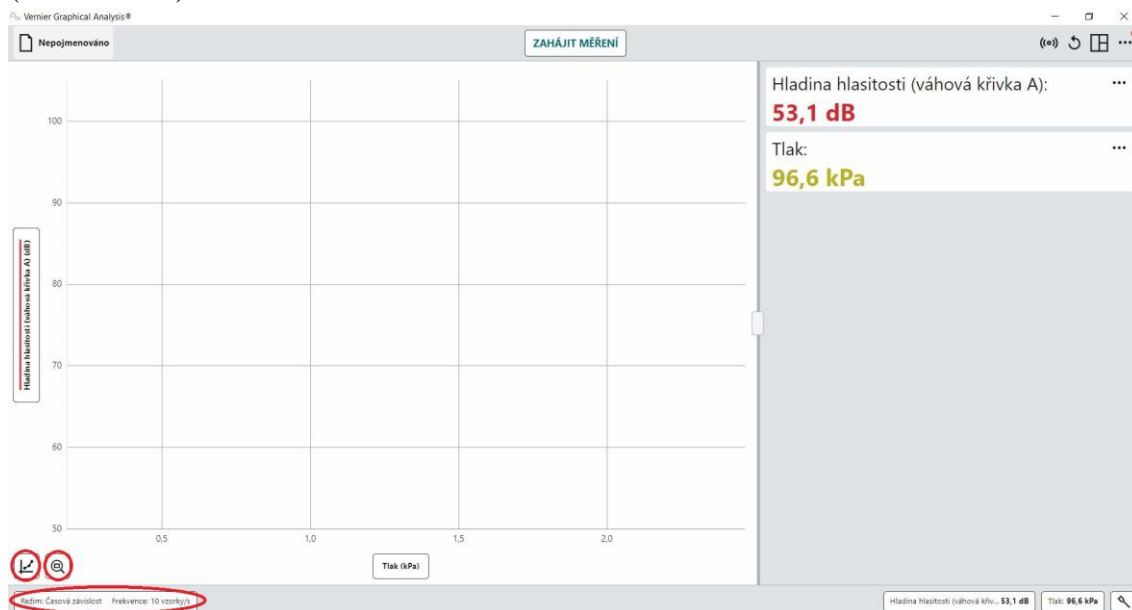
Pro lepší viditelnost (např. při projekci před třídou) je možné vybráním tlačítka „hodnota“ ve stejné záložce, jako pro změnu počtu grafů, zobrazit aktuálně měřenou hodnotu dané veličiny (Obrázek 6.5).



Obrázek 6.2: Nastavení zobrazení jednoho grafu, hodnot měření a změny veličin.

Obrázek je ukázkou jednoho grafu, kde byla na vodorovné ose vybrána veličina „tlak“, se zobrazením měřených hodnot.

V levém dolním rohu se nachází dvě ikony a pod nimi text o režimu a frekvenci měření (Obrázek 6.6)



Obrázek 6.6: Funkce v levém dolním rohu programu.

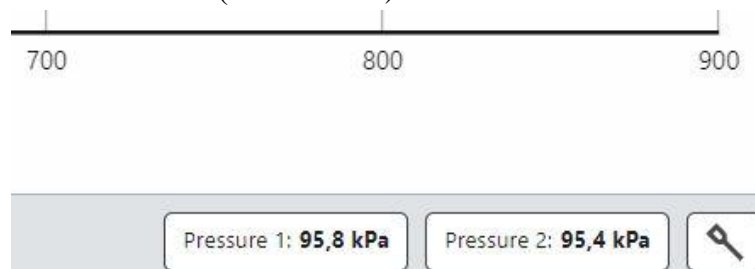
Ikona grafu umožňuje měnit jeho nastavení včetně zobrazení integrálu či interpolace. Ikona lupy slouží jako automatické měřítko. Kliknutím na ni si program vhodně upraví měřítko a osy grafu dle průběhu měření.

Pro změnu frekvence měření či způsobu jeho spuštění je potřeba kliknout na text pod ikonami lupy a grafu. Zobrazí se okno, ve kterém je možné měnit nezávislou veličinu a její jednotku, frekvenci měření nebo zahájení či ukončení měření (Obrázek 6.7)

Obrázek 6.3: Nastavení měření v programu Graphical Analysis.

V případě, že před daným pokusem je vše připraveno a měření je v programu vhodně nastaveno, může se tlačítkem „zahájit měření“ uprostřed na horní liště spustit měření, popř. ho tímto tlačítkem i vypnout (v případě ručního ukončení měření).

Každý senzor je kalibrován na určitou hodnotu. Tuto hodnotu lze, dle potřeby, měnit. Jde například o nastavení tlaku na hodnotu 0 kPa, či kalibrování dvou senzorů na stejnou hodnotu. Pro kalibraci senzoru je potřeba kliknout v pravém dolním rohu na danou měřenou veličinu senzoru (Obrázek 6.8)

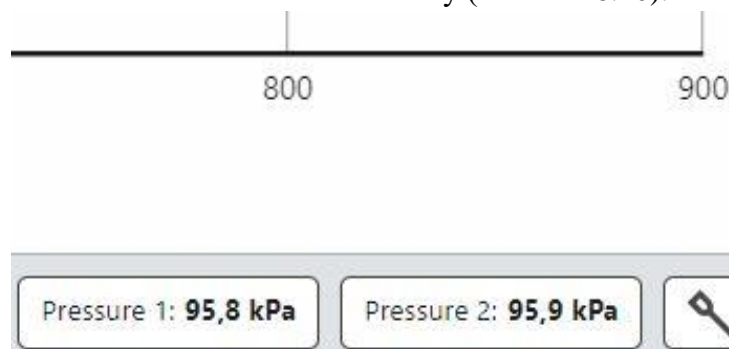


Obrázek 6.4: Rozdílné hodnoty dvou senzorů tlaku.

Po tomto kliknutí se objeví okno, kam je možné napsat zvolenou hodnotu kalibrace daného senzoru. Kliknutím na tlačítko „Zachovat“ a následně na tlačítko „Použít“ se změní kalibrace senzoru (Obrázek 6.9).

Obrázek 6.5: Kalibrace senzoru tlaku – úprava hodnoty.

Daný senzor poté změní hodnotu měřené veličiny (Obrázek 6.10).



Obrázek 6.6: Hodnota tlaku u překalibrovaného senzoru (Pressure 2).

V případě potřeby je možné obnovit původní kalibraci senzoru. Postup je stejný jako při změně kalibrace. Nejprve je potřeba kliknout na měřenou veličinu, jejíž senzor budeme kalibrovat. Okno, které se zobrazí, obsahuje tlačítko „Obnovit výchozí hodnoty“ (Obrázek 6.11). Jeho stisknutím se přístroj recalibruje.

Obrázek 6.7: Obnovení výchozí hodnoty senzoru.

7 Praktická část

7.1 Měření hladiny intenzity zvuku v závislosti na atmosférickém tlaku

7.1.1 Cíl pokusu

Změření hladiny intenzity zvuku v závislosti na atmosférickém tlaku, resp. na zředění vzduchu.

7.1.2 Teoretický úvod

Zvuk je uspořádaný kmitavý pohyb částic prostředí (vlnění), ve kterém se vzduch šíří. Může jít o molekuly plynu (např. vzduchu), ale i o částice kapalin a pevných látek. V plynech se zvuk šíří jako podélná vlna a při šíření zvuku závisí na vlastnostech prostředí, kterým se šíří (schopnosti uchovávat potenciální a kinetickou energii). Zvuk ve vzduchu se šíří tak, že dochází k opakovanému stlačování a rozpínání částí objemu vzduchu. Tyto jednotlivé oblasti s nízkým a vysokým tlakem se pohybují s určitou rychlostí prostorem. [31]

Jedna z veličin, která slouží k popisu zvukového vlnění je *intenzita zvuku*. Jde o podíl výkonu zvukového vlnění ku ploše, kterou vlnění, projde za jednotku času kolmo k ní. K určení, jak hlasitý je zvuk, se však používá veličina, která se nazývá *hladina intenzity zvuku*. Jednotka hladiny intenzity zvuku je *decibel* dB. Hranice slyšitelnosti je dána hodnotou 0 dB. [31]

Z povahy zvukového vlnění jakožto mechanického vlnění je patrné, že hladina intenzity zvuku měřená ve vzduchu o nižším tlaku (a tedy i nižším počtu částic) než atmosférickém by se měla lišit od naměřené hodnoty za nižších tlaků.

7.1.3 Pomůcky

Seznam pomůcek:

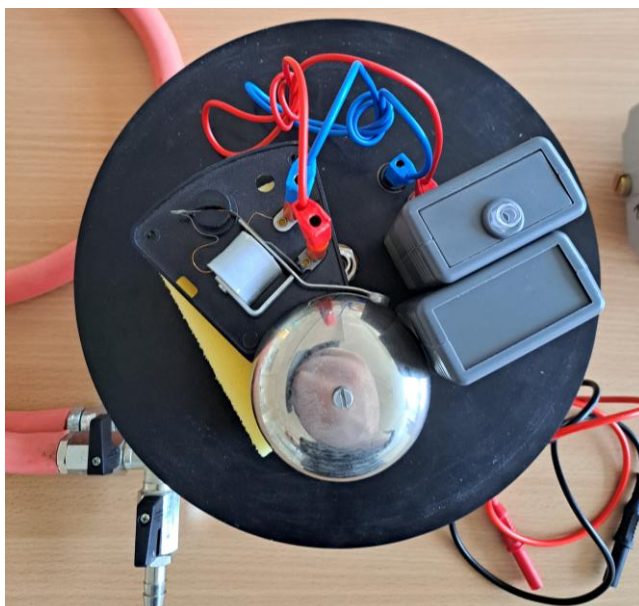
- počítač či notebook s nainstalovaným programem Graphical Analysis,
- vývěva s recipientem,
- senzor zvuku GDX-SND (A) a senzor tlaku GDX-GP (B) (Obrázek 7.1.3.1)
- houbička na nádobí (C),
- zdroj napětí 4,5V baterie (D),
- 2 krokosvorky (E),
- zdroj zvuku (zvonek s Wagnerovým kladívkem) (F),
- 2 vodiče (G).



Obrázek 7.1.3.1: Pomůcky k měření hladiny intenzity zvuku.

7.1.4 Postup měření

1. Oba senzory umístíme na talíř, který je součástí vybavení vývěvy.
2. Zvonek umísíme na houbičku, vložíme na talíř a připojíme pomocí kabelů k talíři, který obsahuje zdířky pro kabel (Obrázek 7.1.4.1).



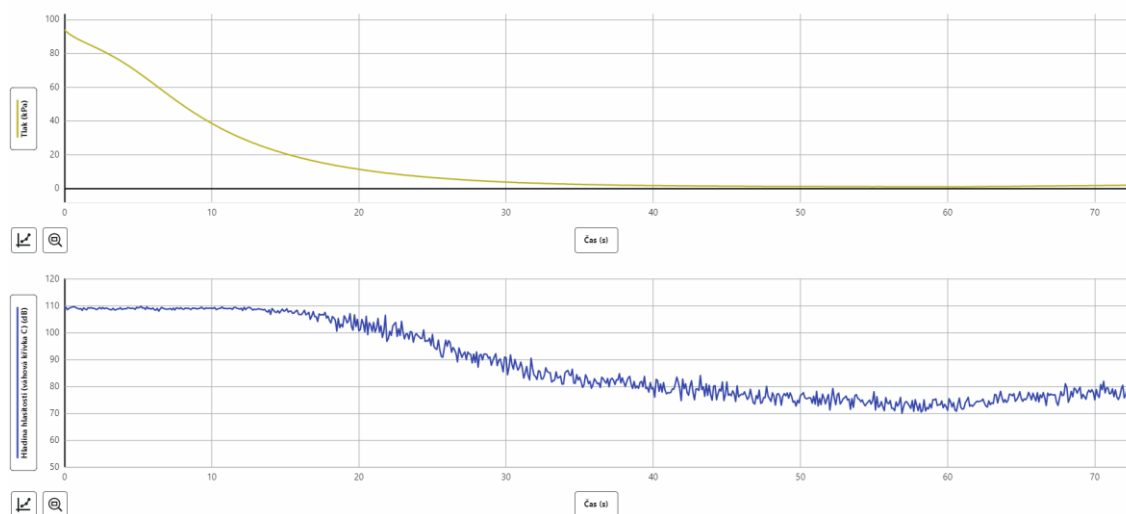
Obrázek 7.1.4.1: Rozložení pokusu na talíři vývěvy.

3. Přiklopíme recipientem.

4. Na kabely, které jsou součástí talíře a jsou vně, nasadíme krokosvorky a připravíme k připojení na baterii.
5. V programu připravíme měření:
 - a. Připojíme oba senzory. U senzoru zvuku vybereme jako měřenou veličinu hladinu intenzity zvuku (váhový filtr A).
 - b. Nastavíme zobrazení 2 grafů – jeden pro časovou závislost tlaku a druhý pro časovou závislost hladiny intenzity zvuku.
 - c. Frekvenci měření nastavíme na 10 vzorků/s.
 - d. Spuštění měření nastavíme hodnotou měřené veličiny a to tlakem. Čidlo po připojení ukazuje aktuální atmosférický tlak v místnosti. Jako hranici pro spuštění měření volíme cca o 1 kPa nižší, než je atmosférický tlak v místnosti.
6. Připojíme krokosvorky k baterii. Měl by být slyšet zvonek.
7. Zmáčkneme tlačítko „zahájit měření“ a zapneme vývěvu.

7.1.5 Záznam a vyhodnocení měření

Za krátkou dobu od zapnutí vývěvy dojde k zahájení měření a je možné sledovat jeho průběh. Zhruba okolo hodnoty 20 kPa (20. sekunda) je vidět pokles hladiny intenzity, který má nadále sestupnou tendenci (Obrázek 7.1.5.1).



Obrázek 7.1.5.1: Měření hladiny intenzity zvuku na tlaku vzduchu.

Vývěvou je vyčerpán vzduch až na hodnotu tlaku 1,5 kPa. Při této hodnotě už senzor zvuku zaznamenává hodnotu intenzity mezi 70–80 dB.

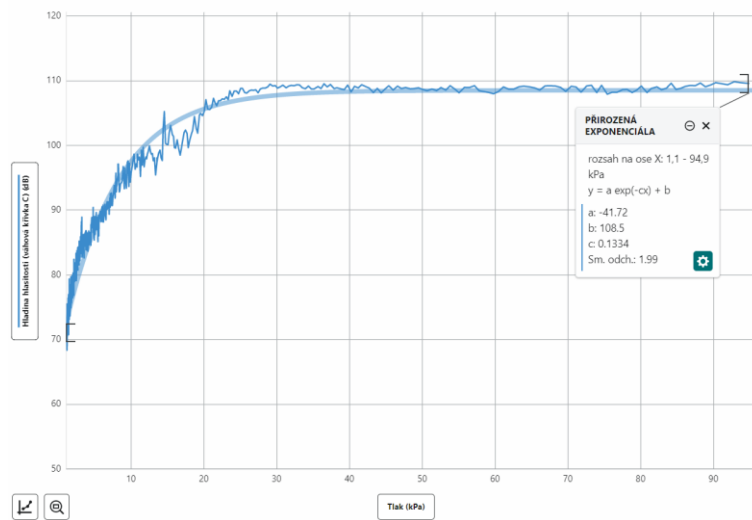
Z grafu je vidět, že se snižujícím se tlakem pod víkem klesá hladina intenzity zvuku. Najetím kurzoru myši a kliknutím do vybrané oblasti grafu můžeme odečíst příslušnou hodnotu tlaku a hladiny intenzity v daný časový okamžik.

7.1.6 Diskuze

U pokusu lze provést řadu změn, které jsou spíše „kosmetického“ rázu. Je možné si upravit frekvenci měření, 10 Hz je však dostačující, čím vyšší frekvenci použijeme, tím náročnější je zpracování měření počítačem a může dojít ke ztrátě dat.

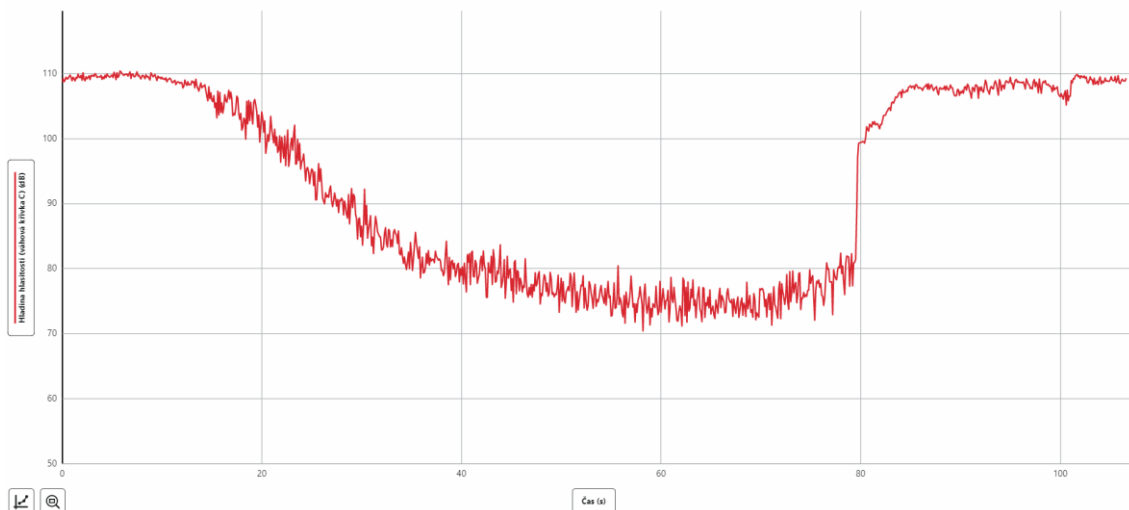
Zároveň spuštění měření lze provést i ručně, ale výrazná změna ve změně hladiny intenzity nastává až po určité době a došlo by k zbytečnému roztažení grafu a delšímu měření.

Další možností je zobrazení pouze jednoho grafu, kde na svislé ose bude měřena hladina intenzity v závislosti na tlaku, který odpovídá vodorovné ose. Po měření je možné zvolit funkci „proložit hodnoty zvolenou funkcí“ a zvolit přirozenou exponenciálu (Obrázek 7.1.6.1).



Obrázek 7.1.6.1: Graf závislosti hladiny intenzity zvuku na tlaku.

Po dosažení tlaku zhruba 1,5 kPa je možné vývěvu vypnout, měření nechat probíhat a po pár sekundách pomocí ventilu pouštět zpátky vzduch. Během toho je vidět, že při postupném vpouštění vzduchu zpět do oblasti recipientu je hlasitost zvonku vyšší a po krátké době je zvonek slyšet (Obrázek 7.6.1.2).



Obrázek 7.1.6.2: Průběh hladiny intenzity zvuku během odčerpávání a vracení vzduchu zpět.

Samotný běh vývěvy při čerpání vzduchu je hlučnější než zvonek. Senzor zpočátku spíše odečítá hodnoty hlasitosti vývěvy než zvonku. To však pro provedení pokusu není na škodu.

Je důležité, aby byl zvonek na houbičce. Zvonek sám o sobě vibruje a tyto vibrace se přenáší do talíře a následně jsou slyšet. Naším cílem je dosáhnout toho, aby toho bylo co nejméně slyšet. Z toho důvodu je i důležité umístit zvonek pod recipient tak, aby se ho nedotýkal a nerozvibroval ho.

Místo zvonku je možné použít např. bezdrátový domovní zvonek. Jeho výhoda je, že tolik nevibruje a není nutné ho podkládat houbičkou pro tlumení vibrací. Bohužel většina domovních zvonků vydává spíše než monotónní zvuk různé melodie, které by nebyly pro měření tolik vhodné. Bezdrátový reproduktor, který by např. přes mobilní telefon přehrál daný tón, by byl také vhodný pro pokus.

7.1.7 Otázky pro žáky

1. Proč pokládáme pod vibrující zvonek houbičku?
2. Je možné, aby astronaut ve volném vesmíru slyšel chod motoru raketoplánu?
3. Hladina intenzity se při vyčerpání vzduchu pohybuje okolo 70 dB. Proč zvonek neslyšíme, když hodnota 70 dB odpovídá hlasitosti hlučné ulice?

7.1.8 Závěr

Zvuk se v ředěném vzduchu šíří pomaleji. Hlasitost zvukového zdroje umístěného ve vakuu závisí na typu vakua (tlaku).

7.2 Měření a porovnání tlaku v různých typech vývěv

7.2.1 Cíl pokusu

Představit 2 různé způsoby získávání vakua a ukázat mezní tlaky jednotlivých vývěv.

7.2.2 Teoretický úvod

To, že existují různé druhy vakua, už bylo zmíněno v podkapitole 3.1. Každý typ vývěvy je schopný vyčerpat vzduch až na určitou hodnotu takzvaného „mezního tlaku“. Rotační pístové vývěvy jsou schopny vyčerpat vzduch na menší hodnotu tlaku než ruční pístové vývěvy. [3]

Dalším pozorovaným parametrem může být i čerpací rychlost vývěvy. Tzn. veličina, která udává, jak velký objem vzduchu dokáže vývěva čerpat za určitý čas. [3]

7.2.3 Pomůcky

Seznam pomůcek (Obrázek 7.2.3.1):

- rotační olejová vývěva s recipientem (A),
- školní pístová vývěva s recipientem (B),
- kuchyňská pístová vývěva (C),
- senzor tlaku GDX-GP (D).



Obrázek 7.2.3.1 : Pomůcky k měření různých druhů vakua

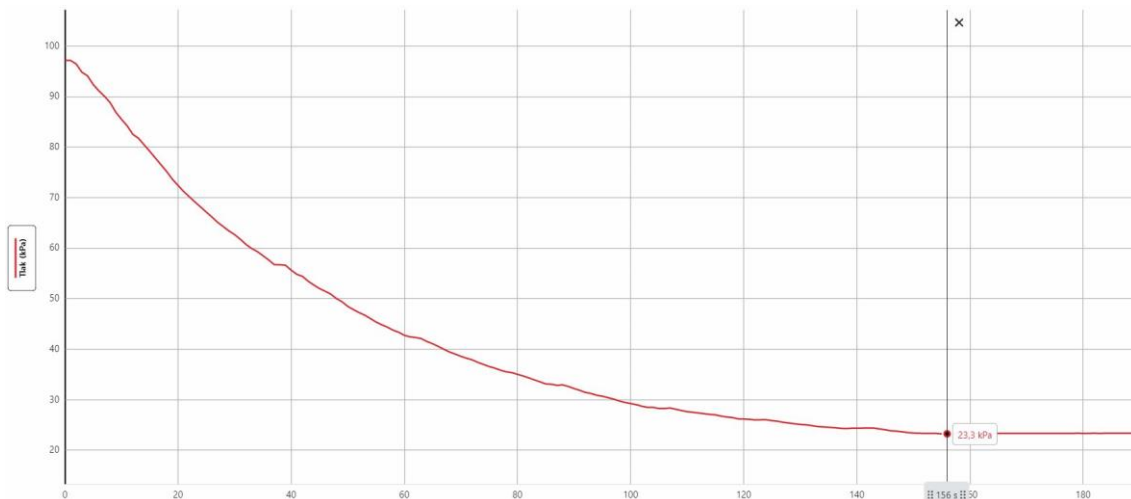
7.2.4 Postup měření

1. Do jedné z vývěv (např. do školní pístové) vložíme zapnutý senzor tlaku.
2. V programu připravíme měření:
 - a. Připojíme senzor tlaku.
 - b. Nastavíme ruční spuštění měření bez omezení doby měření.
 - c. Frekvenci měření nastavíme na 10 Hz.
 - d. Spustíme měření.
3. Z vývěvy začneme vyčerpávat vzduch.

Stejný postup aplikujeme u zbylých dvou vývěv.

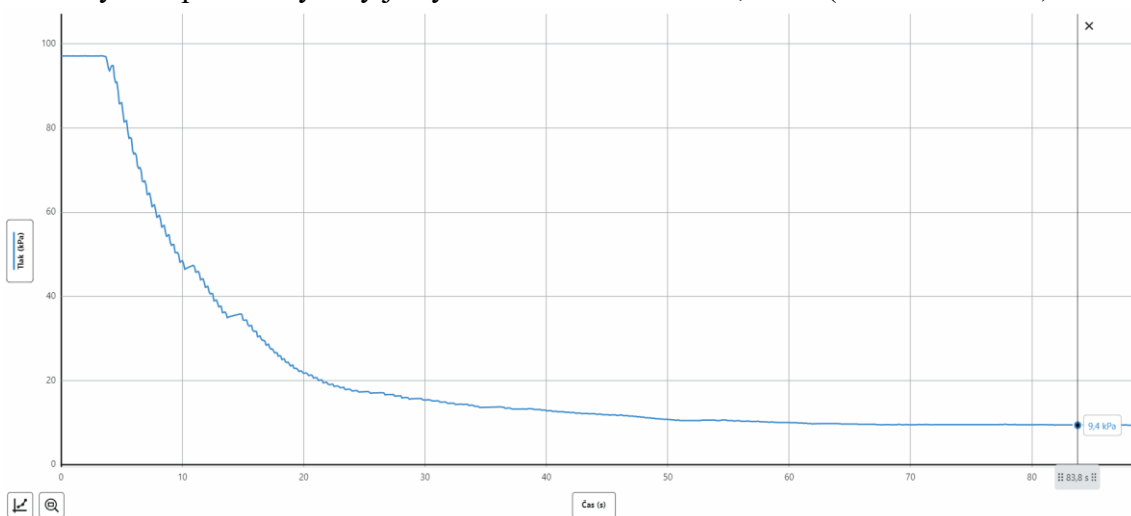
7.2.5 Záznam a vyhodnocení měření

U každé z vývěv je možné sledovat dva parametry, které danou vývěvu charakterizují. Jsou jím *mezni tlak* a *rychlost čerpání*. Hodnotu mezního tlaku lze určit kliknutím do grafu tam, kde už je patrné, že se tlak nesnižuje. Program ukáže hodnotu tlaku v daném čase. Pro školní pístovou vývěvu byl tento tlak roven 23,3 kPa (Obrázek 7.2.5.1).



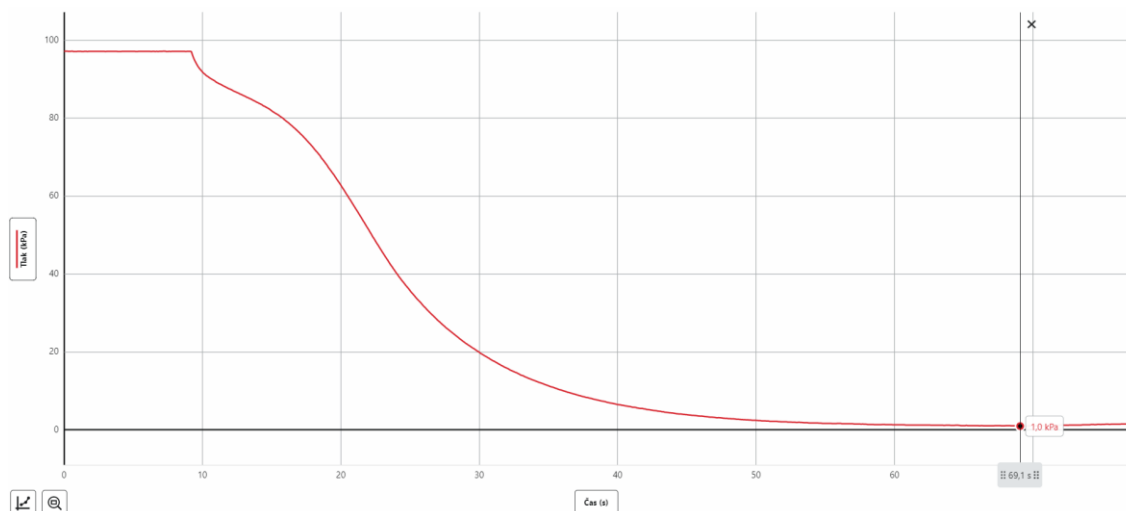
Obrázek 7.2.5.1: Hodnota mezního tlaku u školní pístové vývěvy.

U kuchyňské pístové vývěvy je byla naměřena hodnota 9,5 kPa (Obrázek 7.2.5.2)



Obrázek 7.2.5.2 : Hodnota mezní tlaku u kuchyňské pístové vývěvy.

U rotační olejové vývěvy byla naměřena nejnižší hodnota, a to 1,0 kPa (Obrázek 7.2.5.3).



Obrázek 7.2.5.3: Hodnota mezní tlaku u rotační olejové vývěvy.

Z předchozích obrázků je patrné, že z vývěv, které byly k dispozici, vyčerpá nejvíce vzduchu rotační olejová vývěva. Za ní následuje kuchyňská pístová a za ní školní pístová vývěva.

Rychlost čerpání lze z grafů určit pouze kvantitativně. Čerpací rychlost je definována jako objem plynu, který je vývěva schopna odčerpat za jednotku času. [3] Nejvyšší čerpací rychlost má tedy ta vývěva, jejíž naměřená křivka v grafu má největší sklon (je nestrmější) za daný čas.

Nejmenší hodnotu čerpací rychlosti má školní pístová vývěva a nejvyšší rotační olejová vývěva.

7.2.6 Diskuze

Čerpací rychlost by bylo možné určit popř. tak, že u každé vývěvy by byla odečtena hodnota tlaku na začátku čerpání a např. po 10 sekundách čerpání. Tato hodnota by však byla opět pouze orientační.

Bylo by možné nastavit pevnou dobu měření, avšak vzhledem k tomu, jak pomalu čerpá vzduch školní pístová vývěva (mezní tlak byl dosažen až po více než 150 sekundách), to není vhodné. Čas by musel být nastaven např. na hodnotu 200 sekund, a tím pádem by musela rotační vývěva být zapnuta po tuto dobu, což by pro ni nemuselo být vhodné.

U měření pístových vývěv by bylo vhodné snažit se čerpat vzduch co nejrychleji. To však může být fyzicky náročné (zejména školní). Je proto dobré to mít na paměti a určitě by bylo vhodné vybrat ve třídě fyzicky zdatného žáka, který by se tím mohl zapojit do průběhu pokusu.

Po jednotlivých měřeních je dobré si jednotlivá měření uložit či alespoň vyfotit, aby nebyla ztracena naměřená data a aby na konci celého pokusu bylo možné se při diskusi s žáky se k naměřeným hodnotám vrátit.

Pro někoho by mohlo být překvapivé, že obyčejná kuchyňská vývěva je schopna, vzhledem ke své jednoduché konstrukci, vyčerpávat vzduch na poměrně nízkou hodnotu.

V případě dostupnosti více typů vývěv je možné pokus rozšířit či obměnit jejich měřením.

7.2.7 Otázky pro žáky

1. Jaké by mohly být důvody toho, že je školní pístová vývěva pomalejší?
2. Před provedením pokusu se pokus odhadnout, která z vývěv bude:
 - a. „nejsilnější“ (vyčerpá vzduch na nejnižší tlak),
 - b. „nejrychlejší“ (bude čerpat vzduch nejvyšší rychlostí)?

7.2.8 Závěr

Každý typ vývěvy se může lišit tlakem, na který je možné ji vyčerpát, a rychlostí, kterou je tohoto tlaku dosaženo. Stejně typy vývěv se mohou lišit tlakem i rychlostí čerpání.

7.3 Měření poklesu hydrostatického tlaku při změně atmosférického tlaku.

7.3.1 Cíl pokusu

Změřit hodnotu hydrostatického tlaku při poklesu okolního tlaku. Ukázat žákům, že tlak působící na dno nádoby je součtem hydrostatického a atmosférického tlaku nad nádobou.

7.3.2 Teoretický úvod

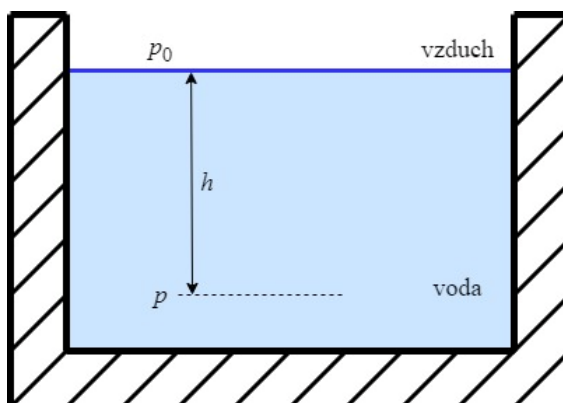
Je-li kapalina v nádobě, která se nachází v tíhovém poli Země, pak na ní působí tíhová síla. Tíha kapaliny působí na dno nádoby tlakem, který se nazývá *hydrostatický*. Hydrostatický tlak p_h je tedy způsoben vlastní tíhou kapaliny a závisí pouze na hustotě kapaliny ρ , tíhovém zrychlení g a hloubce pod hladinou kapaliny, ve které je tlak měřen. Kvantitativně lze tento tlak určit pomocí vztahu:

$$p_h = h\rho g. [22]$$

Atmosférický tlak p_0 je obdobou hydrostatického tlaku. Jedná se o tlak, který je způsobený vlastní tíhou atmosféry, resp. sloupce vzduchu nad místem měření tlaku. Atmosféra Země však sahá do výšky několika tisíc kilometrů a hustota vzduchu se zvyšující se výškou klesá. Proto nelze jednoduše počítat hodnotu atmosférického tlaku, na rozdíl od hydrostatického. Atmosférický tlak lze měřit pomocí různých tlakoměrů. [22]

Tlak pod hladinou kapaliny je součtem hydrostatického tlaku kapaliny a atmosférického tlaku, který působí na hladinu kapaliny. Tento tlak lze také nazvat *absolutním tlakem* p (Obrázek 7.3.2.1). V souvislosti s ním je možné ještě definovat *přetlak*, jenž je definován jako rozdíl absolutního a atmosférického tlaku. Absolutní tlak pod hladinou lze určit pomocí vztahu:

$$p = p_0 + h\rho g. [31]$$



Obrázek 7.3.2.1: Absolutní tlak p v libovolné hloubce pod hladinou vody.

Pokud tedy bude jeden senzor tlaku měřit atmosférický tlak vně nádoby s vodou a druhý měřit absolutní tlak pod hladinou vody, potom by měl být jejich rozdíl při odčerpávání plynu z vývěvy stejný.

7.3.3 Pomůcky

Seznam pomůcek (Obrázek 7.3.3.1):

- 2 senzory tlaku GDX-GP (A)
- hadice k senzoru tlaku (B),
- libovolná kádinka se stupnicí (C),
- lepenka k přilepení hadice (D),
- pravítko (E).



Obrázek 7.3.3.1: Pomůcky k měření hydrostatického tlaku v nádobě.

7.3.4 Postup měření

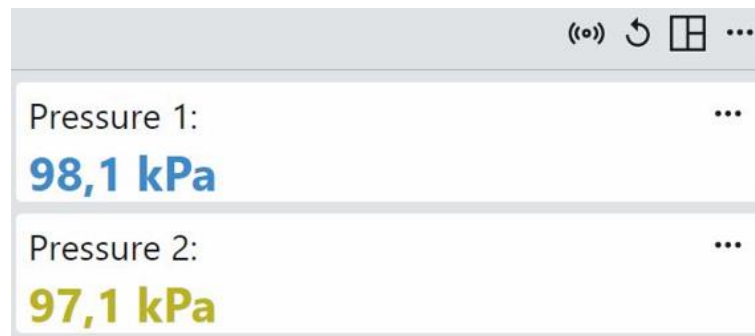
1. Před nalitím vody do kádinky si stanovíme rysku, po kterou bude voda nalita, a změříme její výšku ode dna nádoby.
2. K senzoru tlaku připojíme hadici, která je součástí sady senzoru.

3. Druhý konec hadice připevníme co nejvíce ke dnu kádinky.
4. Oba senzory společně s kádinkou a hadicí postavíme na talíř vývěvy (Obrázek 7.3.4.1).



Obrázek 7.3.4.1: Rozložení pomůcek na talíři vývěvy.

5. Do kádinky nalijeme vodu.
6. Zapneme oba senzory tlaku a připojíme k programu Graphical Analysis. Nejsou-li oba senzory kalibrovány tak, že ukazují stejnou hodnotu atmosférického tlaku, pak musíme provést kalibraci (viz kapitola 6) a jeden ze senzorů kalibrovat na stejnou hodnotu, jakou ukazuje druhý.
7. Zvolíme možnost „graf“ a „hodnota“ v kartě v pravém horním rohu (Obrázek 7.3.4.2).

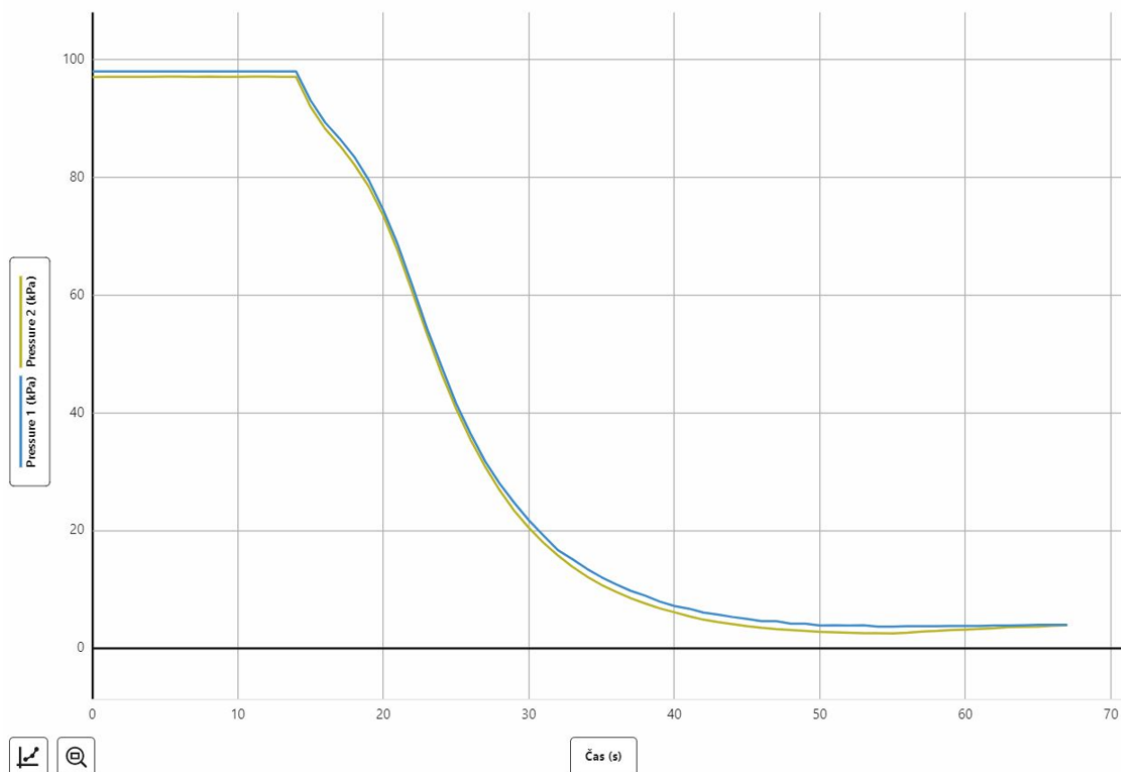


Obrázek 7.3.4.2: Zobrazené hodnoty tlaků před spuštěním měření a vývěvy.

8. Nastavíme ruční spuštění i ukončení měření s frekvencí měření 1 Hz.
9. Spustíme měření a vývěvu.

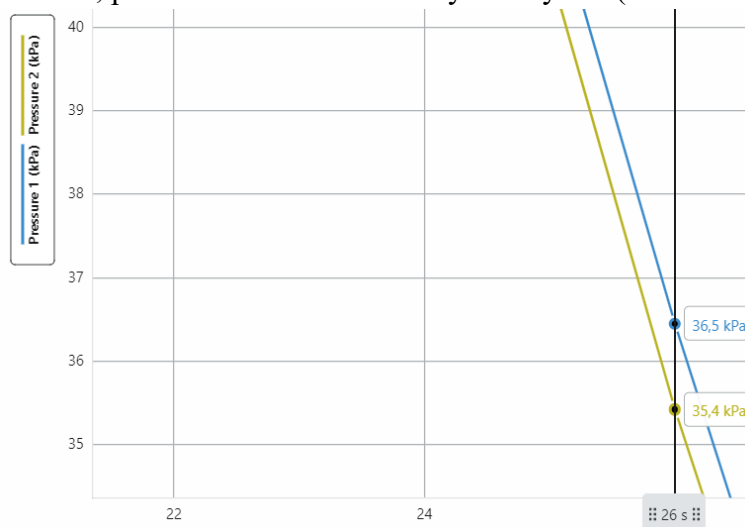
7.3.5 Záznam a vyhodnocení měření

Vývěva byla spuštěna po 14 sekundách od začátku měření. Křivky obou tlaků se po celou dobu měření mění stejně (Obrázek 7.3.5.1). Měření bylo ukončeno při tlaku 2,5 kPa ve vývěvě.



Obrázek 7.3.5.1: Průběh měření tlaku u dna nádoby a vně nádoby ve vývěvě.

Na první pohled se zdá, že mezi 20–30 sekundou se tlaky rovnají. Jde však o zkreslení kvůli sklonu obou křivek. Rozdíl tlaků lze ověřit buď přiblížením dané oblasti, nebo kliknutím na danou oblast, přičemž se zobrazí hodnoty v daný čas (Obrázek 7.3.5.2).



Obrázek 7.3.5.2: Přiblížení grafu a zobrazení naměřených hodnot v konkrétní čas.

7.3.6 Diskuze

Pro měření byla schválně volena nádoba s dostatečně velkou výškou, aby mohl být sloupec vody 10 cm vysoký a rozdíl mezi měřenými tlaky byl zhruba 1 kPa. Je však možné volit menší i větší výšky vodního sloupce, avšak při menší výšce sloupce by rozdíl mezi tlaky nemusel být tak patrný a křivky by se v různých okamžicích měření mohly překrývat (z důvodů možné fluktuace senzoru).

Při velmi nízkém tlaku ve vývěvě dochází k tomu, že se z vody začne uvolňovat vzduch a voda začne vřít. Část vody se při tom může dostat do hadice a při ukončení pokusu a opětovném vpuštění vzduchu do vývěvy může hadice nasát malé množství vody, které se může dostat do senzoru tlaku. To představuje problém, protože výrobce udává, že se do senzoru nesmí dostat kapalina. [28] Měření splní svůj účel i při tlaku do 50 kPa, aniž by došlo k ohrožení senzoru.

Pokus by šel obměnit tak, že by místo vody byly použity jiné kapaliny o známé hustotě (např. líh, olej, tekutý med apod.). Tato alternace však nebyla ověřována v rámci této práce.

Další možností, jak rozšířit tento pokus v případě obměny kapaliny by bylo změření hustoty vybrané kapaliny pomocí hustoměru.

Během měření dochází ke kolísání hodnoty tlaku pod hladinou vody. To může být způsobeno buď samotnou přesností senzoru, nebo množstvím vody a její hustotou. Výška hladiny byla volena 10 cm proto, aby hodnota hydrostatického tlaku byla přibližně 1 kPa. Tato hodnota je pouze orientační. Aby se tlak hodně blížil hodnotě 1 kPa, musela by být výška hladiny vody přibližně 10,2-10,3 cm, což je ovšem, vzhledem k přesnosti obyčejného pravítka, náročné dosáhnout. Zároveň záleží i na skutečné hustotě vody, kterou v dané chvíli použijeme. Pro přibližný výpočet hydrostatického tlaku 1 kPa se pracovalo s hodnotou hustoty vody $1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Ta se může lišit.

7.3.7 Otázky pro žáky

1. Jak by se změnil rozdíl v tlaku, pokud bychom místo vody použili látku:
 - a. s menší hustotou,
 - b. s větší hustotou?
2. Jak by se změnil rozdíl v tlaku, pokud bychom hadici posunuli do poloviny sloupce vody?

7.3.8 Závěr

Při snížení atmosférického tlaku nad hladinou kapaliny se o stejnou hodnotu sníží i tlak měřený v hloubce pod hladinou kapaliny.

7.4 Měření rychlosti větru za sníženého tlaku

7.4.1 Cíl pokusu

Změřit rychlost větru pod víkem recipientu při snižování tlaku. Ověřit, zda bude mít proud vzduchu účinek na vrtulku senzoru počasí GDX-WTHR při sníženém tlaku.

7.4.2 Teoretický úvod

Vítr je přirozený pohyb částic vzduchu či jiných plynů, tvořících atmosféru, nad povrchem planety. Z meteorologického hlediska jde o horizontální pohyb vzduchu nad povrchem Země. [32; 33] Obecně termínem „vítr“ je možné chápat i jiné typy proudů různých částic, např. proud protonů letících ze Slunce označujeme jako „solární vítr“. [31]

Existuje řada veličin, které lze v souvislosti s větrem měřit. Jde např. o jeho rychlost, směr, sílu či schopnost ochlazovat (odnímat teplo). [33]

Rychlost větru se zpravidla měří v metrech za sekundu, popř. v kilometrech za hodinu, a podle jeho rychlosti je vítr klasifikován na celkem 13 stupňů, které určuje tzv. Beaufortova stupnice (Tabulka...).

Tabulka 7.4.2: Beaufortova stupnice rychlosti větru. [33]

Stupeň	Označení	Rychlost [m/s]
0	bezvětrí	0,0–0,2
1	vánek	0,3–1,5
2	slabý vítr	1,6–3,3
3	mírný vítr	3,4–5,4
4	dosti čerstvý vítr	5,5–7,9
5	čerstvý vítr	8,0–10,7
6	silný vítr	10,8–13,8
7	prudký vítr	13,9–17,1
8	bouřlivý vítr	17,2–20,7
9	vichřice	20,8–24,4
10	silná vichřice	24,5–28,4
11	mohutná vichřice	28,5–32,6
12	orkán	32,7≤

Právě rychlost větru se v praxi určuje pomocí tlaku větru, resp. jeho silového účinku na předměty. Lze ji měřit dynamickými anemometry, které odvozují rychlost větru pomocí jeho dynamických účinků. Na tomto způsobu pracuje i senzor GDX-WTHR od Vernieru (Obrázek 7.4.2.1). [33]



Obrázek 7.4.2.1: Senzor počasí GDX-WTHR bez korouhvičky. [34]

Stoupá-li nadmořská výška, tak společně s tím klesá hodnota atmosférického tlaku, a tím pádem klesá i hustota vzduchu. [33] Tím pádem by měl být i menší počet částic v daném objemu vzduchu a proud těchto částic by měl mít menší dynamický účinek na vrtulku měřáku, a ten by měl naměřit menší rychlost větru.

7.4.3 Pomůcky

Seznam pomůcek (Obrázek 7.4.3.1)

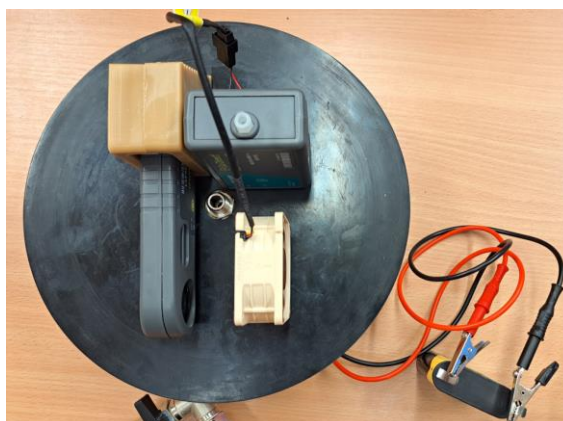
- senzor tlaku GDX-GP (A),
- senzor počasí GDX-WTHR (B),
- ventilátor do PC – 60 × 25 mm, 5 V (C) [35],
- PVC patka na dřevěné štafle (D) [36],
- 4,5 V baterie (E).



Obrázek 7.4.3.1: Pomůcky k měření rychlosti větru ve vakuu.

7.4.4 Postup měření

1. Senzor počasí umístíme do patky na štafle. Zajistíme tak jeho stabilitu.
2. Baterii připravíme vedle talíře společně s kabely od talíře s krokosvorkami.
3. Senzor položíme na talíř vývěvy společně s ventilátorem, který připojíme k talíři. Ventilátor je nutné umístit alespoň 3 cm od senzoru k jeho vrtulce. (Obrázek 7.4.4.1).

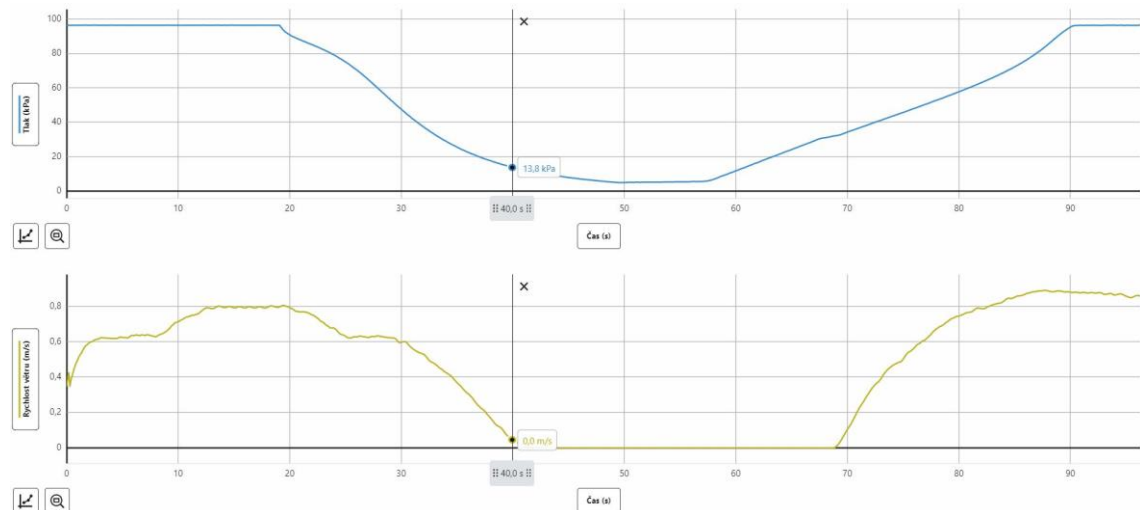


Obrázek 7.4.4.1: Rozložení pomůcek před měřením na talíři vývěvy.

4. Spustíme oba senzory a talíř přiklopíme recipientem.
5. Spustíme program Graphical Analysis, připojíme čidla a u senzoru počasí vybereme měření rychlosti větru.
6. Zobrazíme dva grafy. Jeden pro časovou závislost tlaku a druhý pro časovou závislosti rychlosti větru.
7. Frekvenci měření zvolíme 10 Hz.
8. Připojíme krokosvorky k baterii. Ventilátor se začne točit a s ním i vrtulka senzoru.
9. Spustíme měření a společně s ním i vývěvu.

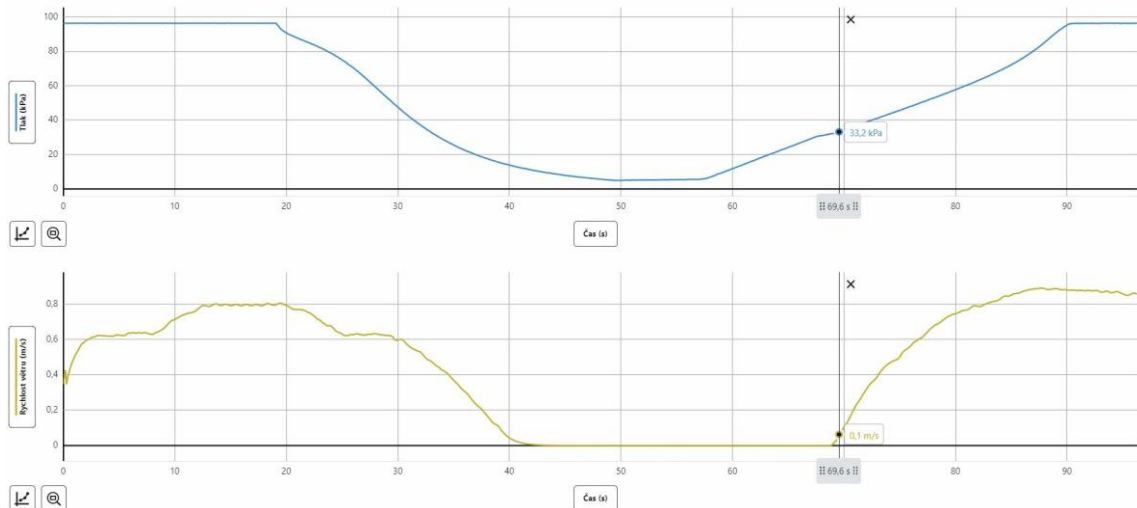
7.4.5 Záznam a vyhodnocení měření

Po spuštění měření začne senzor počasí měřit rychlost větru okolo $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Velikost rychlosti větru je závislá na vzdálenosti ventilátoru od senzoru. Postupně s klesajícím tlakem klesá i naměřená rychlost větru. Zhruba po 20 sekundách (tlak 13,8 kPa) od počátku čerpání vzduchu už senzor měří nulovou rychlost větru (Obrázek 7.4.5.1).



Obrázek 7.4.5.1: Dosažení nulové rychlosti větru při tlaku 13,8 kPa.

Po vyčerpání vzduchu na tlak okolo 3 kPa byla vývěva vypnuta a následně byl pomalu ventilem pouštěn vzduch zpět do oblasti recipientu. Při tlaku 33,2 kPa začal senzor měřit nenulovou rychlost větru (Obrázek 7.4.5.2)

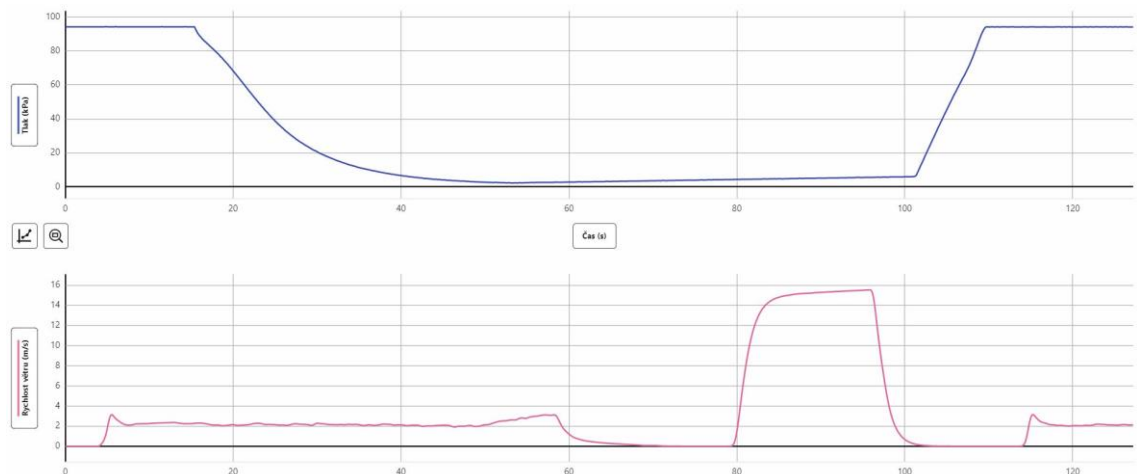


Obrázek 7.4.5.2: Naměření rychlosti $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ při tlaku $33,2 \text{ kPa}$.

Na základě měření lze tvrdit, že rychlost větru souvisí s hustotou prostředí (vzduchu), pomocí kterého je realizován. Při nižším tlaku je v oblasti recipientu méně částic vzduchu a dostatečném snížení jejich počtu je vítr z nich tvořený tak slabý, že hybnost těchto částic nedokáže překonat třecí sílu mezi vrtulkou měřáku a jejím usazením. Nedokáže ho tudíž roztočit a senzor měří nulovou rychlost.

7.4.6 Diskuze

Zpočátku měření se objevil velký problém. Při tlaku okolo 11 kPa došlo k tomu, že senzor začal odečítat vyšší rychlost větru než při např. atmosférickém tlaku. Někdy byla dokonce naměřena rychlost několikrát vyšší, než byl samotný ventilátor (na základě zkoušení před experimentem) vyvinout. V jednom případě došlo k naměření téměř 8krát vyšší rychlosti (Obrázek 7.4.6.1).



Obrázek 7.4.6.1: Chybné naměření rychlosti větru při tlaku do 10 kPa .

Tento problém byl pomocí e-mailu diskutován s podporou firmy Vernier, konkrétně s panem Pavlem Böhmem, a s jejich pomocí byl problém objasněn a mohl být eliminován.

Problém spočíval v tom, že vrtulka, kterou roztáčí vítr, zároveň roztáčí malý magnet a následně díky indukovanému napětí se měří rychlost větru. Problém tedy je, když se v okolí tohoto magnetu objeví proměnné magnetické pole, díky kterému senzor začne měřit špatné hodnoty. K ověření došlo pomocí pohybu malého neodymového, se kterým když se pohybovalo v okolí vrtulky senzoru, tak ačkoliv se vrtulka netočila, senzor měřil nenulovou rychlost větru. [37]

Ventilátor, který je v pokusu používán jako zdroj větru, generuje toto proměnné magnetické pole. Aby došlo k odstínění vlivu magnetického pole na senzor, stačí před měřením zafixovat vrtulku senzoru, aby se netočila (např. kouskem papíru), spustit měření a hledat takovou vzdálenost ventilátoru, při které senzor měří nulovou rychlost větru. V případě tohoto měření to pro daný ventilátor jsou alespoň 3 cm. [citace emailu]

K obměně pokusu je možné použít silnější ventilátor, který bude poskytovat vyšší rychlost větru. K tomu je pravděpodobně potřeba silnější zdroj a zároveň je potřeba myslet na to, aby se výkonnější ventilátor vešel do oblasti pod recipient.

Jako držák pro senzor byla zvolena PVC patka na štafle z toho důvodu, že se snadno přizpůsobí tvaru senzoru a je dostatečně těžká a robustní, tudíž se senzor ani v horizontální poloze nepřeklopí a není nutné tím pádem řešit pořízení či výrobu držáku na ventilátor, který bychom v případě vertikálního umístění senzoru museli umístit do stejné výšky jako je vrtulka senzoru.

7.4.7 Otázky pro žáky

1. Najdi na internetu, co je to „Beaufortova stupnice“. Na základě této stupnice urči, jaký druh větru jsme při pokusu naměřili.
2. Najdi na internetu, co je to „anemometr“. Můžeme říct, že náš senzor počasí je anemometr?
3. Závisejí letové vlastnosti helikoptér, letadel, dronů apod. na atmosférickém tlaku?

7.4.8 Závěr

Rychlost větru se snižuje se snižujícím se tlakem vzduchu (tím pádem i jeho hustotou). Při dostatečně nízkém tlaku je naměřená rychlost větru nulová.

7.5 „Vznesení dronu ve vakuu?“

7.5.1 Cíl pokusu

Zjistit, zda se dron vznesení do vzduchu při sníženém tlaku vzduchu (v řidším vzduchu), popř. při jakém tlaku se už ne vznesení.

7.5.2 Teoretický úvod

Dron je zařízení, které je schopné létat. Zpravidla obsahuje více než jeden rotor a je bezpilotní, je tedy ovládáno dálkově. Drony mají mnohá využití, ať už jde o formu zábavy, způsob pořizování videí a fotografií, hledání nezvěstných osob či vojenské využití.

Nejčastěji má dron čtyři vrtule, které jsou ve dvou na sebe kolmých osách a leží v jedné rovině. [38]

Vrtule je stroj, který patří mezi tzv. lopatkové stroje. Funguje tak, že motor roztáčí vrtuli, která pomocí lopatek nasává a stlačuje vzduch, který díky tomu proudí za vrtuli. Ze zákona akce a reakce platí, působí-li vrtule na vzduch, který se díky tomu pohybuje, poté na vrtuli (a tím pádem i stroj s ní spojený) působí síla, která stroj pohání opačným směrem, než kterým se hýbe vzduch. Tuto sílu nazýváme *tah*. V případě dronu jde o sílu, která dron zvedá do výšky a působí proti tíhové síle, která na dron působí. Aby se dron vznese, musí být tah větší než tíhová síla. Tah je, mimo jiné, závislý i na hustotě vzduchu a tlaku vzduchu před a za vrtulí. [39; 40; 41; 42]

Zemská atmosféra je složená z částic vzduchu, jež jsou přitahovány gravitačním polem země a působí na ně tedy tíhová síla. Vzduch, jakožto plyn, se řadí mezi tekutiny, a tedy podobně jako např. kapalina v nádobě, působí vzduch, který tvoří atmosféru, na povrch Země tlakem. Tento tlak nazýváme *atmosférickým tlakem* a je možné ho považovat za obdobu hydrostatického tlaku. [22]

Atmosférický tlak je závislý na nadmořské výšce, a to tak, že se zvyšující se nadmořskou výškou atmosférický tlak klesá. Tlak neklesá, na rozdíl od hydrostatického tlaku v kapalině, lineárně. Hustota vzduchu se se zvyšující se nadmořskou výškou snižuje a atmosférický tlak klesá exponenciálně. Tuto závislost lze popsat i kvantitativně pomocí tzv. *barometrické rovnice*. [22; 43] Atmosférický tlak se podle [22] změní přibližně o 1,3 kPa při změně nadmořské výšky o 100 m. Podle [44] se s zvýšením nadmořské výšky o 1000 m klesne tlak o 8 % a zároveň se sníží i hustota vzduchu.

U vrtulníků a helikoptér se pro každý model stanovuje tzv. dostup. To je v podstatě maximální výška, které může vrtulník dosáhnout. Dostup je ovlivněn právě hustotou vzduchu v dané výšce. Různé druhy vrtulníků se liší svým dostupem. Řádově se však pohybuje mezi 3000 až 8000 m. [45]

Vrtulník W-3A Sokol, který používá jak AČR (Armáda České republiky), tak i další složky IZS (integrovaného záchranného systému) ČR, má tzv. praktický dostup 4650 m. Další vrtulník, který využívá AČR je Mi-171Š, jehož praktický dostup je 6000 m a maximální nadmořská výška, ve které je schopen viset je 4000 m. [46]

7.5.3 Pomůcky

Seznam pomůcek (Obrázek 7.5.3.1):

- senzor tlaku GDX-GP (A),
- dron JJRC H36 [47] (B),
- dálkové ovládání dronu (součástí balení [47]) (C),
- stolek pod dron (3D tisk) [48] (D)



Obrázek 7.5.3.1: Pomůcky pro pokus se vznesením dronu.

7.5.4 Postup měření

1. Na talíř od recipientu umístíme stolek.
2. Pod stolek vhodně vložíme senzor tlaku a na stolek položíme dron.
3. Přiklopíme recipientem a zapneme dálkové ovládání. Je vhodné seznámit se s ovládáním dronu (návod je součástí balení).
4. Spustíme senzor a připojíme ho v programu Graphical Analysis.
5. Frekvenci měření nastavíme na 10 Hz, spuštění i ukončení měření „ručně“ a hodnoty časové závislosti tlaku budeme zobrazovat v grafu.
6. Vzlétneme s dronem za atmosférického tlaku.
7. Spustíme vývěvu a vyčerpáme vzduch na hodnotu přibližně 3 kPa.
8. Po vyčerpání vzduchu se pokusíme s dronem vzletět.
9. Pomalu otevřeme ventil a vpustíme zpátky vzduch tak, aby byla hodnota tlaku okolo 40 kPa. Pokusíme se s dronem vzletět.
10. Opět otevřeme ventil a hodnotu tlaku necháme vystoupat na zhruba 50 kPa. Opět se pokusíme s dronem vzletět.

7.5.5 Záznam a vyhodnocení měření

Před začátkem čerpání vzduchu se při pokusu o vzlet dron vznese (Obrázek 7.5.5.1).



Obrázek 7.5.5.1: Let dronu pod recipientem za atmosférického tlaku.

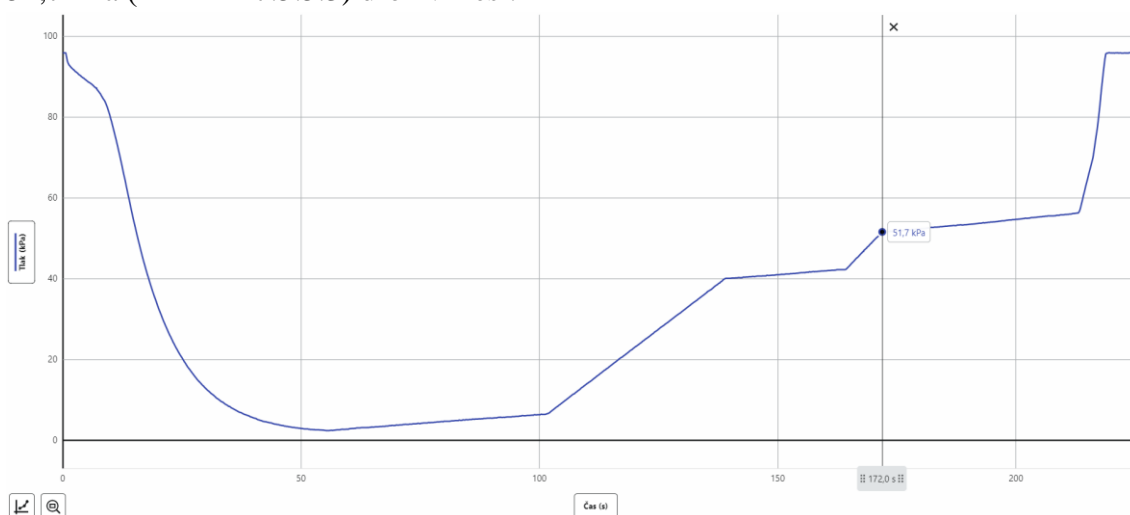
Po vyčerpání vzduchu na hodnotu okolo 3 kPa se při pokusu o vzlet dron nevznese. Jeho vrtule se začnou točit, ale jediné, co se děje je, že dron rotuje na místě nebo se posouvá po stolku (Obrázek 7.5.5.2).



Obrázek 7.5.5.2: Dron se za nízkého tlaku nevznese.

Po vpuštění vzduchu tak, aby byla hodnota tlaku uvnitř recipientu zhruba 40 kPa, se při pokusu o vzlet opět dron nevznese. Pohyb dronu je prakticky shodný se situací, kdy je tlak roven zhruba 3 kPa.

Při dosažení tlaku 50 kPa už však ke vzletu dojde. Lze tedy tvrdit, že při zhruba 50 kPa se dron vznese. Po 50 sekundách byl dosažen tlak 3 kPa. Zhruba ve 150. sekundě měření došlo k pokusu o vzlet při hodnotě 41 kPa a po 172 sekundách se při tlaku přesně 51,7 kPa (Obrázek 7.5.5.3) dron vznese.



Obrázek 7.5.5.3: Průběh měření tlaku s vyznačenou hodnotou tlaku po 172 sekundách.

7.5.6 Diskuze

Přesnost, s jakou byl určen tlak, při kterém už se dron vznese, není samozřejmě vysoká. Závisí na tom, kdy a jak dobře se povede uzavřít ventil pro vpuštění vzduchu zpět do oblasti recipientu a zdali dojde k „trefení se“ na požadovanou hodnotu. Navíc i samotný ventil netěsní absolutně, tudíž i při jeho zavření se část vzduchu pomalu dostává zpět do oblasti recipientu. Tento mírný růst tlaku je možné pozorovat např. mezi 50. a 100. sekundou měření (Obrázek 7.5.6.1).



Obrázek 7.5.6.1: Pozvolný růst tlaku mezi 50. a 100. sekundou při zavřeném ventilu.

Průběh pokusu je možné obměnit několika způsoby. Lze se např. pokusit o vpuštění vzduchu zpět do vývěvy tak, aby tlak rostl po 5–10 kPa, a tím se pokusit zvýšit přesnost určení tlaku, při kterém se dron vznese. Nebo naopak je možné provést pokus pouze ve dvou fázích, a to ve fázi, kdy je ve vývěvě atmosférický tlak a kdy je vzduch vyčerpán na nejnižší možný tlak.

Po provedení pokusu se nabízí navázání diskuze s žáky o tom, proč má každý vrtulník či helikoptéra (de facto i letadlo) určenou maximální výšku, ve které se může vznášet (tzv. dostup), a jak to souvisí se změnou atmosférického tlaku při zvýšení nadmořské výšky. Navíc je možné se zmínit i o tom, že změnu atmosférického tlaku je možné použít k měření nadmořské výšky.

7.5.7 Otázky pro žáky

1. Před pokusem: Odhadni, zdali se dron po vyčerpání vzduchu vznese? Svou odpověď zdůvodni.
2. Jeden z typů vrtulníků, který používá Armáda České republiky je vrtulník PZL W-3A Sokol (Obrázek 7.5.7.1). Najdi na internetu, do jaké maximální výšky může vystoupat?



Obrázek 7.5.7.1: Vrtulník PZL W-3A Sokol. [49]

3. Vrtulník Mil Mi-171Š (Obrázek 7.5.7.2), který používá Armáda České republiky, může vystoupat do maximální výšky 6000 m. S využitím internetu zjisti, jaký je tlak vzduchu v této výšce. Porovnej ho tlakem, při kterém je schopný se vznášet dron z pokusu.



Obrázek 7.5.7.2: Vrtulník Mil Mi-171Š AČR. [50]

7.5.8 Závěr

Dron se ve vakuu nevznese. Vznese se při přibližné hodnotě atmosférického tlaku 50 kPa. Vzlet dronu je závislý na hustotě atmosféry, resp. okolního vzduchu.

7.6 Měření přenosu tepla ve vakuu

7.6.1 Cíl pokusu

Ověřit, že se teplo přenáší i ve vakuu, resp. v hodně zředěném vzduchu. [51]

7.6.2 Teoretický úvod

Teplota tělesa je veličina, která je spojená s neuspořádaným pohybem částic, atomů, uvnitř tělesa. Fyzikální veličinu spojenou s tímto pohybem nazýváme vnitřní energie. Je-li těleso o určité teplotě v okolním prostředí, tak má tendenci dosáhnout tzv. *rovnovážného stavu*. K dosažení rovnovážného stavu dochází při tepelné výměně. To je děj, kdy těleso o vyšší teplotě předává část své vnitřní energie okolí, popř. druhému tělesu. Tuto energii nazýváme *teplem* a tato výměna mezi tělesem a okolím, popř. druhým tělesem, bude probíhat do té doby, než se jejich teploty nevyrovnají. [31; 52]

K přenosu tepla může docházet vícero způsoby. V pevných látkách je to především *přenos tepla vedením*. U kapalin a plynů převažuje *přenos tepla prouděním* a jako poslední způsob přenosu tepla je *přenos tepla zářením*. [31; 52]

Mechanismus přenosu tepla prouděním je takový, že při zahřívání tekutiny (tzn. kapaliny nebo plynu) dochází v místě zahřívání, u většiny tekutin ke snížení hustoty. Jelikož dojde ke snížení hustoty v části dané tekutiny, tak tato část tekutiny začne stoupat vzhůru a část tepla s sebou odnáší. Chladnější část tekutiny ve vyšším místě je teplejší částí vytlačena a pohybuje se směrem dolů v tekutině. Tímto procesem dojde po čase k zvýšení teploty v celém objemu tekutiny. [31; 52]

Přenos tepla zářením funguje na základě toho, že každé těleso vyzařuje elektromagnetické záření, jehož jedna z vlastností je ta, že se šíří nehmotným prostředím (tedy i vakuem). Elektromagnetické záření je vyzařováno v celém spektru (ultrafialové, infračervené, světelné, rentgenové apod.). Z hlediska přenosu tepla zářením je však nejdůležitější infračervené záření, protože je dobře pohlcováno tělesy, a tím dochází k přenosu tepla. Někdy je možné se setkat s termínem *sálání*, který je používán právě ve smyslu přenosu energie (tepla) pomocí infračerveného záření. [53]

Množství energie, které těleso vyzáří do okolí pomocí elektromagnetického záření závisí, mimo jiné, i na teplotě tělesa a jeho ploše. [31]

Při vyčerpání vzduchu pod recipientem by mělo dojít k tomu, že se teplo nebude šířit v takové míře pomocí proudění a bude se šířit pomocí sálání. Množství přeneseného tepla by mělo být menší.

7.6.3 Pomůcky

Seznam pomůcek (Obrázek 7.6.3.1):

- senzor tlaku GDX-GP (A),
- bodové teplotní čidlo GDX-ST (B),
- plynový hořák (C),
- kovová konstrukce na podepření (D),
- kamenná podložka (E),

- 2 koule železné hladké plné o průměru 50 mm (F) [54],
- lepicí páska (G).



Obrázek 7.6.3.1: Pomůcky pro měření přenosu tepla ve vakuu.

7.6.4 Postup měření

1. Na talíř od recipientu umístíme kamennou podložku s kovovou konstrukcí, železnou kouli a senzor tlaku. (Obrázek 7.6.4.1)



Obrázek 7.6.4.1: Umístění senzoru tlaku, koule s držákem a kamennou podložkou na talíři.

2. Lepenkou připevníme k recipientu bodové čidlo teploty tak, že tělo senzoru bude u dna talíře a konec bodového čidla bude ve středu recipientu (Obrázek 7.6.4.2)



Obrázek 7.6.4.2: Připevnění čidla teploty pod vrchol recipientu pomocí lepenky.

3. Spustíme oba senzory a připojíme je v programu Graphical Analysis.
4. Měření zobrazíme ve 2 grafech. Oba budou zobrazovat časovou závislost měřených veličin (tlaku a teploty).
5. Zahájení i zastavení měření bude probíhat ručně a frekvenci měření nastavíme na 2 Hz.
6. Připravíme hořák, z dosahu odstraníme vysoce hořlavé látky a hořák zapálíme.
7. Po dobu jedné minuty ohříváme hořákem železnou kouli (Obrázek 7.6.4.3).



Obrázek 7.6.4.3: Zahřívání železné koule hořákem.

- Po minutě ohřevu přestaneme ohřívát a co nejrychleji přiklopíme talíř recipi-entem, spustíme měření a vývěvu (Obrázek 7.6.4.4).

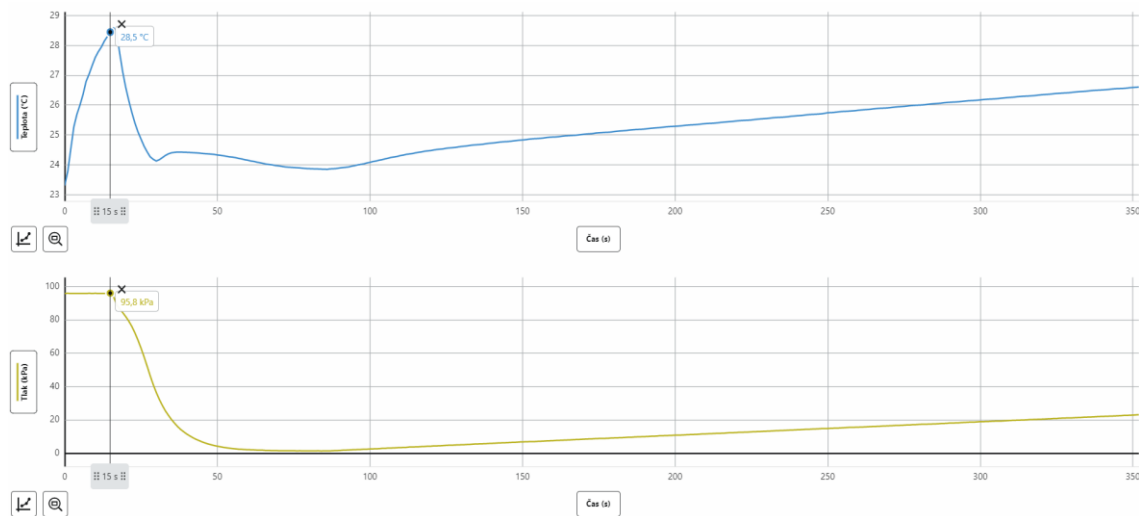


Obrázek 7.6.4.4: Ukázka rozložení pomůcek na talíři po zahájení měření.

- Přibližně prvních 15 sekund měření probíhá za atmosférického tlaku.
- Po uplynutí zhruba 15 sekund spustíme vývěvu.
- Měření zastavíme po 350 sekundách trvání.
- Po ukončení měření necháme kouli vychladnout nebo ji opatrně přesuneme do vodní lázně k vychlazení.

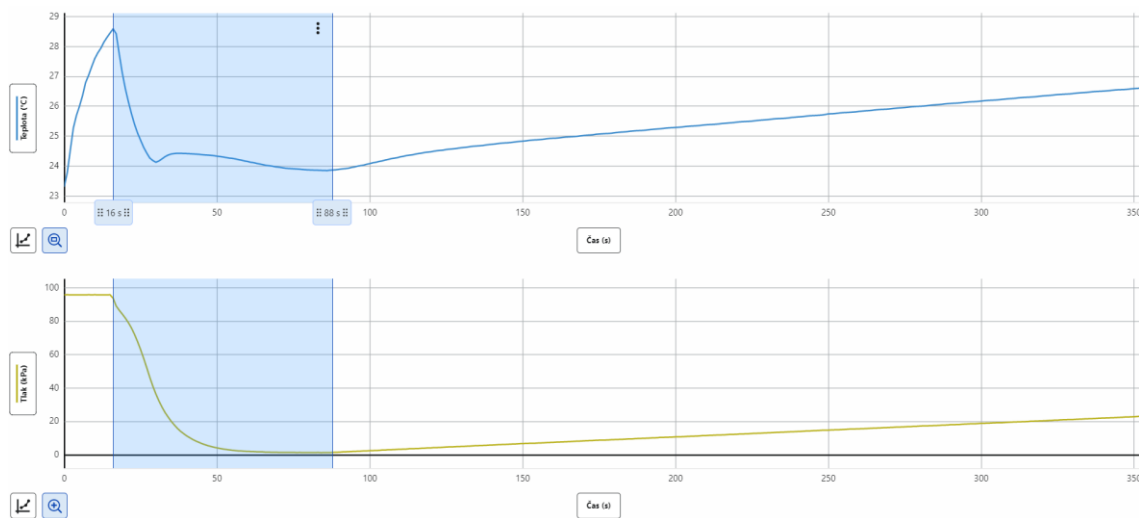
7.6.5 Záznam a vyhodnocení měření

Po přiklopení a spuštění měření je vidět prudký nárůst teploty (Obrázek 7.6.5.1). Během této doby je ohříván vzduch v okolí koule, která stoupá vzhůru a ohřívá čidlo teploty.



Obrázek 7.6.5.1: Teplota 28,5 °C po 15 sekundách od počátku měření.

Po spuštění vývěvy se začala teplota snižovat prakticky až do okamžiku, kdy byla vývěva vypnuta a oba ventily od oblasti pod recipientem byly uzavřeny. Tento úsek je zvýrazněný na Obrázku 7.6.5.2.



Obrázek 7.6.5.2: Zvýraznění části měření, kdy byl vyčerpáván vzduch.

Vývěvou byl vzduch vyčerpán na hodnotu tlaku 1,4 kPa. V tom okamžiku byly uzavřeny ventily umožňující vrácení vzduchu zpět pod recipient. Ačkoliv byl vyčerpán z vývěvy vzduch, tak je vidět, že i přesto se teplo přenáší a na čidle se postupně zvyšuje teplota. Za mechanismus přenosu tepla lze považovat *záření* (sálání), ale je potřeba vzít v úvahu, že vývěva nevyčerpá vzduch dokonale, tudíž se na přenosu tepla podílí i proudění.

Je patrné, že v průběhu měření dochází k pomalému zvyšování tlaku. To je způsobeno vypnutím vývěvy a zároveň tím, že ventily vedoucí z talíře netěsní dokonale. Část vzduchu se tím pádem vrací zpátky do oblasti recipientu.

Nárůst teploty probíhá značně pomaleji ve vakuu než před zapnutím vývěvy, kdy během 15 sekund vzrostla teplota o více než 5 °C. Naopak ve zředěném vzduchu vzrostla teplota během zhruba 200 sekund pouze o 2,5 °C.

7.6.6 Diskuze

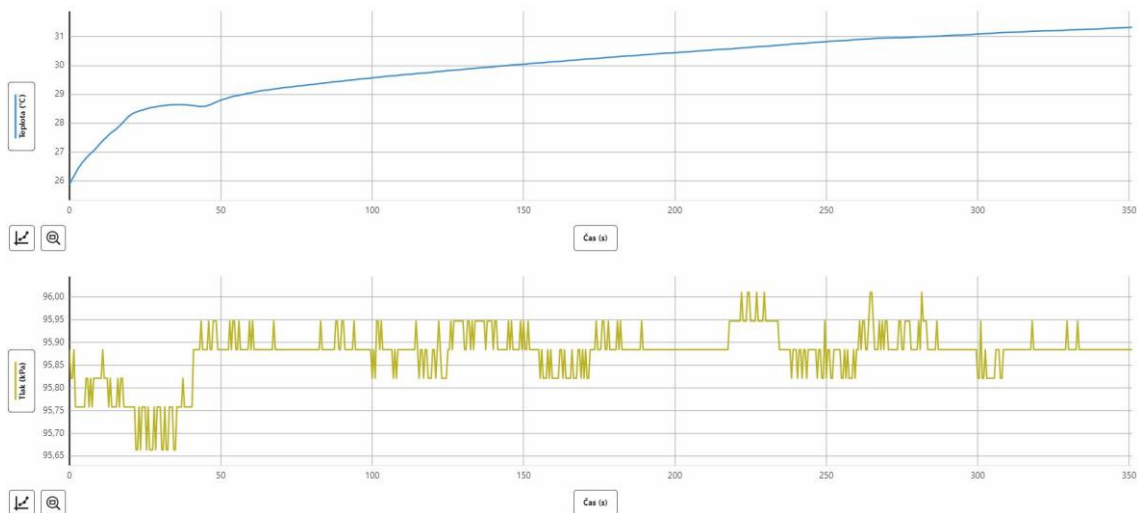
Důvod ochlazení čidla během čerpání vzduchu je nejspíš ten, že většina vzduchu, který byl ohřátý během prvních 15 sekund měření, je vysáta vývěvou. Čidlo se zároveň horní částí dotýká skleněného recipientu, který, jakožto velice dobrý tepelný izolant, má stále teplotu před započítáním měření.

Prvních 15 sekund měření bez vyčerpaného vzduchu je voleno záměrně proto, že je zde vidět prudký nárůst teploty. Po ukončení měření je možné diskutovat s žáky, proč teplota na začátku měření vzrostla tak rychle a proč po vyčerpání vzduchu roste mnohem pomaleji, a tím je navést na dva mechanismy přenosu tepla, které se zde uplatňují.

Původním záměrem bylo pokus udělat jako srovnání přenosu tepla v oblasti recipientu při nevyčerpání vzduchu vůbec a při vyčerpání vzduchu. Domnívám se, že není možné u obou variant dodržet neměnnost výchozích podmínek, a tudíž by interpretace této verze pokusu byla spíše odhadem. Při přenosu tepla vzduchem pod recipientem by nebylo možné dosáhnout toho, že by při čerpání vzduchu byl z vývěvy odčerpáván vzduch, ale zároveň tam zůstal. Pokud bychom však vzduch od začátku nevyčerpávali, tak už by se v pravé podstatě nejednalo o stejný pokus.

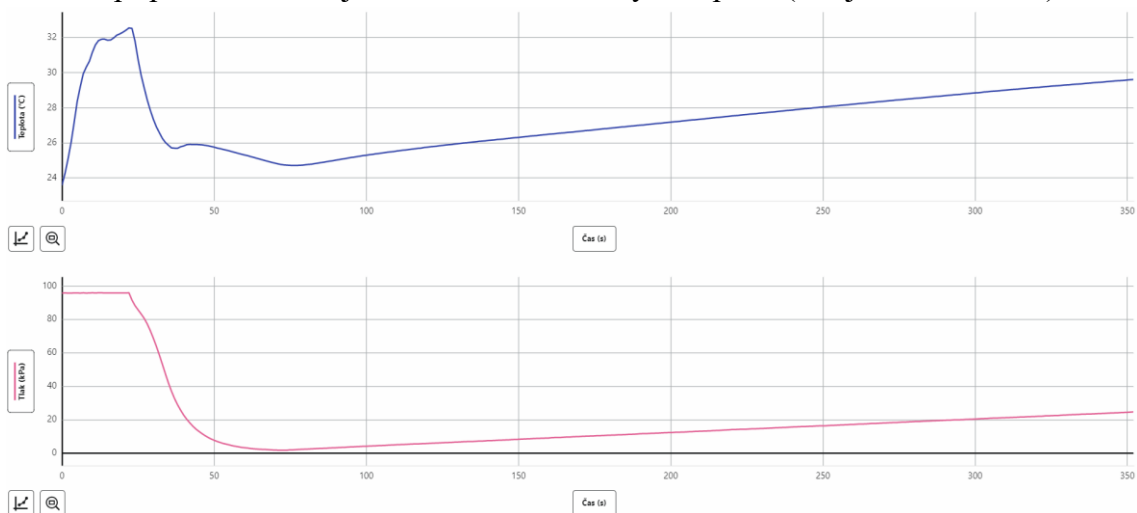
Nicméně toto měření bylo pro zajímavost provedeno. Prvních 40 sekund byl čerpán vzduch z vývěvy, ale ventil pro pouštění vzduchu do oblasti recipientu byl otevřený. Část vzduchu je do vývěvy nasávána právě tímto ventilem a není možné dosáhnout toho, aby byl z vývěvy vzduch odčerpáván a byl ve stejném množství nahrazován jiným.

Vzduch však ve vývěvě zůstane a je patrné, že teplota se zvýší oproti pokusu prováděnému ve vakuu téměř dvojnásobně (Obrázek 7.6.6.1). Největší podíl na tom má pravděpodobně proudění teplého vzduchu, který stoupá směrem k čidlu.



Obrázek 7.6.6.1: Přenos tepla v oblasti recipientu za atmosférického tlaku.

Pokus by bylo možné měnit dobou ohřevu koule. To bylo pro zajímavost provedeno (Obrázek 7.6.6.2). Koule byla zahřívána 90 sekund a průběh měření je podobný jako v předchozích případech, akorát je na čidle naměřena vyšší teplota (což je očekávatelné).



Obrázek 7.6.6.2: Průběh měření při 90 sekundovém ohřevu koule.

Dále je možné obměnit pokus jinou polohou teplotního čidla. Pokud by se teplotní čidlo umístilo do stejné nebo menší výšky, než je koule samotná, mohlo by dojít k omezení vlivu proudění na ohřátí čidla.

Kamenná deska je jako podložka použita z prostého důvodu, a to jako tepelný izolant mezi gumovou plochou talíře a kovovou konstrukcí k držení koule.

7.6.7 Otázky pro žáky

1. Je možné, aby se teplo šířilo i nehmotným prostředím (vakuum)?
2. Jakým způsobem se přenáší teplo od Slunce k Zemi?
3. Proč je v pokusu použita kamenná deska mezi talířem vývěvy a kovovou konstrukcí pro kouli?

4. Proč se vyrábí tzv. vakuová okna?

7.6.8 Závěr

Teplo se přenáší i v prostředí vakua, resp. v prostředí vysoce zředěného vzduchu.

7.7 Měření pohlcování alfa, beta a gama záření ve vakuu

7.7.1 Cíl pokusu

Ověřit míru pohlcování alfa [6], beta a gama záření vzduchem za sníženého tlaku.

7.7.2 Teoretický úvod

Atomy, ze kterých se skládají všechny látky, jsou tvořeny atomovým jádrem a atomovým obalem. V obalu se nacházejí částice zvané *elektrony*, v jádře poté *protony* a *neutrony*. Podle toho, kolik protonů jádro obsahuje, rozlišujeme jednotlivé prvky. Některé prvky však mohou při daném počtu protonů a neutronů v jádře být složeny z tzv. *nestabilních jader*. U nestabilních jader dochází časem k jejich přeměně na jiná, stabilnější jádra, a tím pádem dochází i k přeměně prvku na jiný. Tento proces se nazývá *radioaktivní rozpad*. [55; 31]

K rozpadu jader může docházet třemi způsoby. Prvním je tzv. *α -rozpad*, dalším je *β -rozpad* a posledním je *γ -rozpad*. [55] Rozpady někdy označujeme jako záření, např. alfa-záření.

Během *α -rozpadu* dochází k přeměně jádra na jiné tak, že dojde k emitování jader helia (helionů), které se často označují jako tzv. těžká jádra. Tento druh záření je snadné odstínit (zachytit). K jejich odstínění stačí například tenká vrstva papíru nebo jen několika centimetrová vrstva vzduchu. Mají náboj, a tím pádem je lze odstínit i pomocí elektrického pole. Tento typ záření produkují prvky jako radium ^{226}Ra , uran ^{238}U či americium ^{241}Am . [31; 55; 56]

Při *β -rozpadu* se z jádra emituje elektron či pozitron. V jádře se buď neutron přemění na proton (emise elektronu), nebo se proton přemění na neutron (emise pozitronu). Odstínit tento typ záření je možné pomocí lehkých materiálů jako jsou např. plasty či plexiskla. Jelikož elektron i pozitron mají elektrický náboj, tak reagují i na elektrické pole. Toto záření vzniká při přeměně např. kobaltu ^{60}Co , cesia ^{137}Cs či sodíku ^{22}Na . [56; 55]

U *γ -rozpadu* vznikají částice, které nazýváme *fotony*. Jedná se o vysokoenergetické kvantum elektromagnetického vlnění s vlnovou délkou řádově mezi 10^{-11} – 10^{-13} m. Nemá elektrický náboj a na jeho odstínění je potřeba materiál o vysoké hustotě, např. olovo či beton. K jeho emisi dochází např. u americia ^{241}Am . [56; 55]

Při měření počtu záchytů alfa-částic by měla být patrná závislost na hustotě vzduchu, ve kterém se šíří. Naopak zředění vzduchu by nemělo mít významný vliv na šíření beta a gama záření.

7.7.3 Pomůcky

Seznam pomůcek (Obrázek 7.7.3.1):

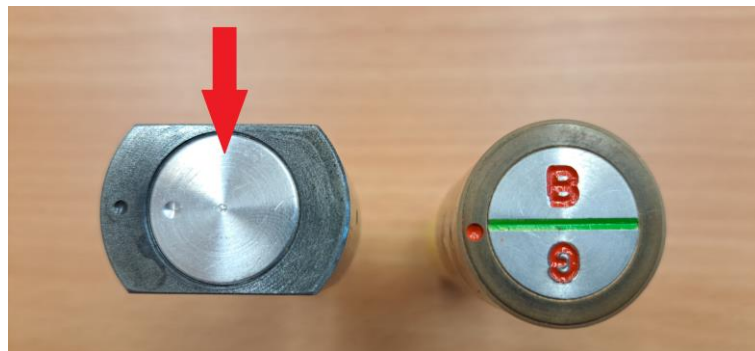
- senzor tlaku GDX-GP (A),
- senzor radioaktivity GDX-RAD (B),
- zdroj α -záření (americium ^{241}Am) ze soupravy MX-10 (C) [57],
- zdroj β -záření (stroncium ^{90}Sr) a γ -záření (americium ^{241}Am) ze soupravy Gama-beta (D) [58],
- dřevěná podložka s výřezem pro umístění okolo sání talíře (E).



Obrázek 7.7.3.1: Pomůcky pro měření typů radioaktivity ve vakuu.

7.7.4 Postup měření

1. Spustíme oba senzory a připojíme je k programu Graphical Analysis.
2. V programu ponecháme zobrazené dva grafy časových závislostí (radioaktivity a tlaku)
3. Měřicí frekvenci ponecháme 1 Hz, spuštění i ukončení měření nastavíme na „ručně“.
4. Hlavici zdroje α -záření pootočíme o 90° do polohy, kdy dochází k emisi (Obrázek 7.7.4.1).



Obrázek 7.7.4.1: Zvýraznění polohy, ve které dochází k emisi α -záření (červená šipka).

5. Senzory, dřevěnou podložku i zdroj záření umístíme na talíř vývěvy. Zdroj záření do vzdálenosti cca 1–1,5 cm od senzoru radioaktivity (Obrázek 7.7.4.2).

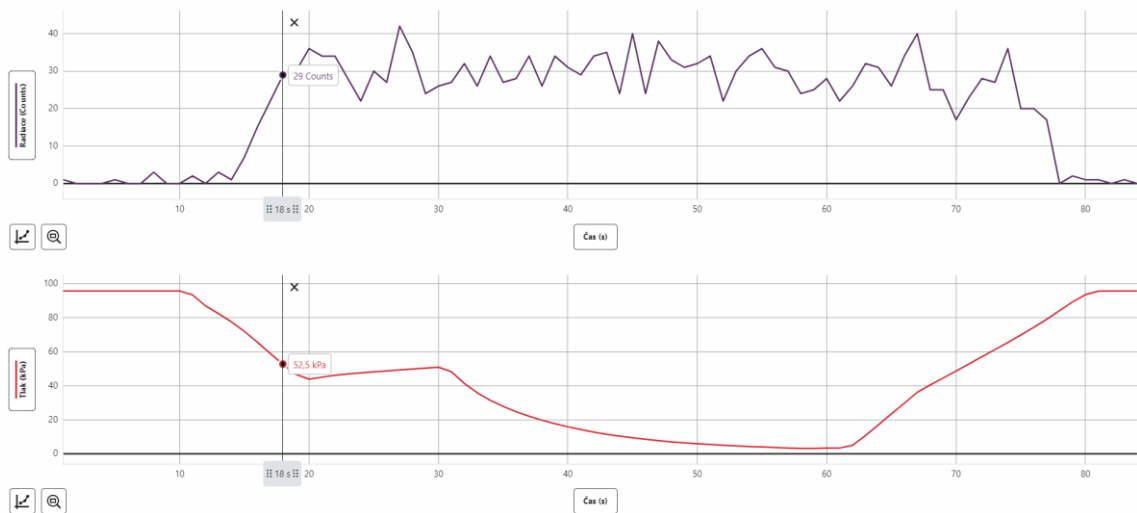


Obrázek 7.7.4.2: Rozložení pomůcek k měření radioaktivity ve vakuu na talíři vývěvy.

6. Přiklopíme recipientem.
7. Spustíme měření.
8. Po 15 sekundách spustíme vývěvu. Dle potřeby je možné ji v průběhu vypnout nebo nechat čerpat rovnou na mezní tlak.
9. Po dosažení mezního tlaku na něm setrváme dle potřeby.
10. Poté pomalu vpuštěme do oblasti recipientu vzduch.
11. Ukončíme měření, soubor uložíme a připravíme nové měření.
12. Vyměníme zdroj α -záření za zdroj β -záření. Otočíme hlavicí tak, aby červená tečka byla u písmene „B“.
13. Opakujeme body 4. –12.
14. Na zdroji s β -zářením otočíme hlavicí tak, aby docházelo k emisi γ -záření (červená tečka do polohy u písmene „G“.
15. Opakujeme body 4. –12.

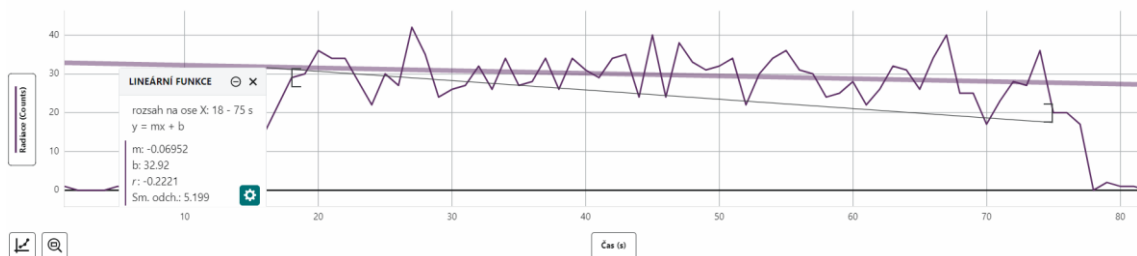
7.7.5 Záznam a vyhodnocení měření

Po zahájení měření je vidět, že záchyt α -záření je poměrně malý. Po 15 sekundách začíná docházet k nárůstu počtu záchytů α -částic. Tato hodnota je nejvyšší zhruba už při tlaku 50 kPa, kdy byla i na krátký čas vývěva vypnuta (Obrázek 7.7.5.1).



Obrázek 7.7.5.1: Ukázka měření počtu záchytů α -částic v závislosti na atmosférickém tlaku s vyznačenou hodnotou v 18. sekundě.

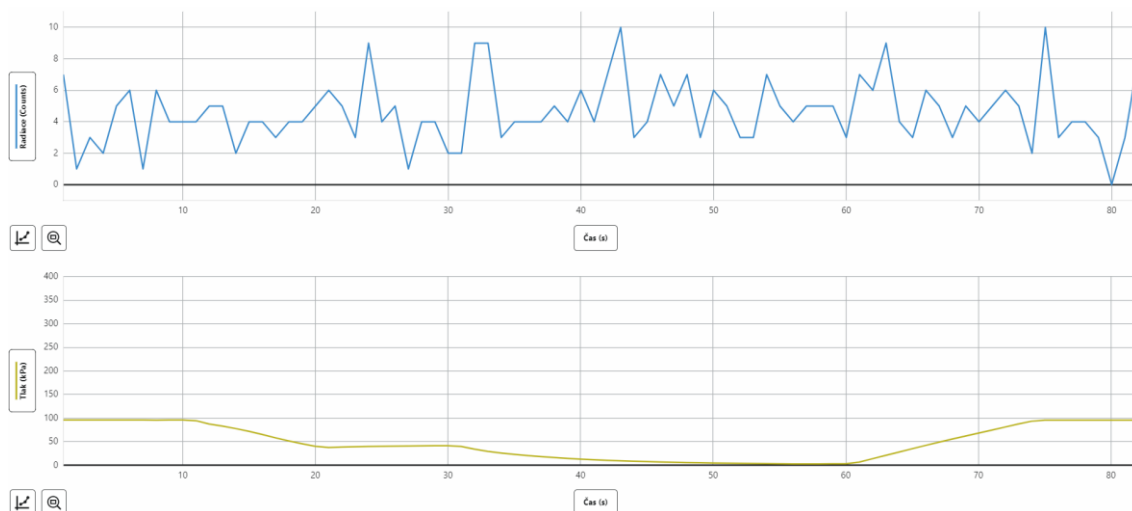
Pokračováním v čerpání dochází k snížení tlaku na hodnotu okolo 2 kPa, počet záchytů už se však nemění. Samotný radioaktivní rozpad je nahodilý děj, takže fluktuace v počtu záchytů jsou očekávatelné. Navíc může docházet i k záchytu jiných druhů záření z okolí (tzv. radiační pozadí). Fakt, že s dále se snižujícím tlakem od 18 sekundy měření počet záchytů nezvyšuje lze ukázat tak, že danou oblast vybereme myší a proložíme ji lineární funkcí (Obrázek 7.7.5.2).



Obrázek 7.7.5.22: Proložení lineární funkcí mezi 18. a 75. sekundou měření.

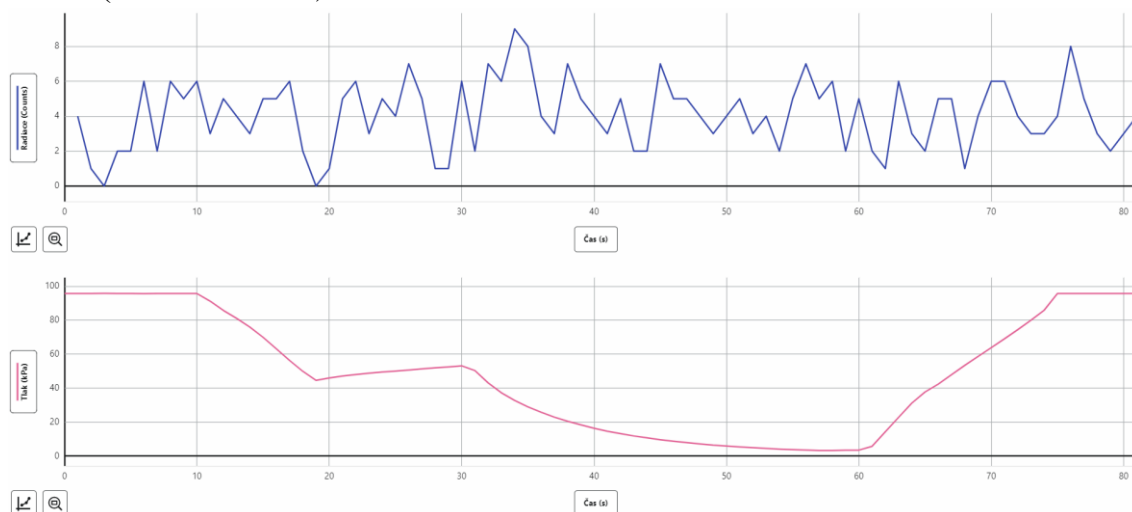
Z celého průběhu měření je patrné, že vyčerpáním vzduchu dojde k tomu, že více částic doletí k detektoru, a tím naměříme i vyšší počet jejich záchytů. Vzduchová vrstva tedy slouží za atmosférického tlaku jako dobré odstínění.

Měření pro β -záření probíhalo stejně. Tam je patrné, že vrstva vzduchu mezi zdrojem a detektorem nestačí na odstínění tohoto záření, jelikož při měření nedošlo k změně počtu záchytů při změně tlaku (Obrázek 7.7.5.3).



Obrázek 7.7.5.3: Průběh měření β -záření v závislosti na tlaku.

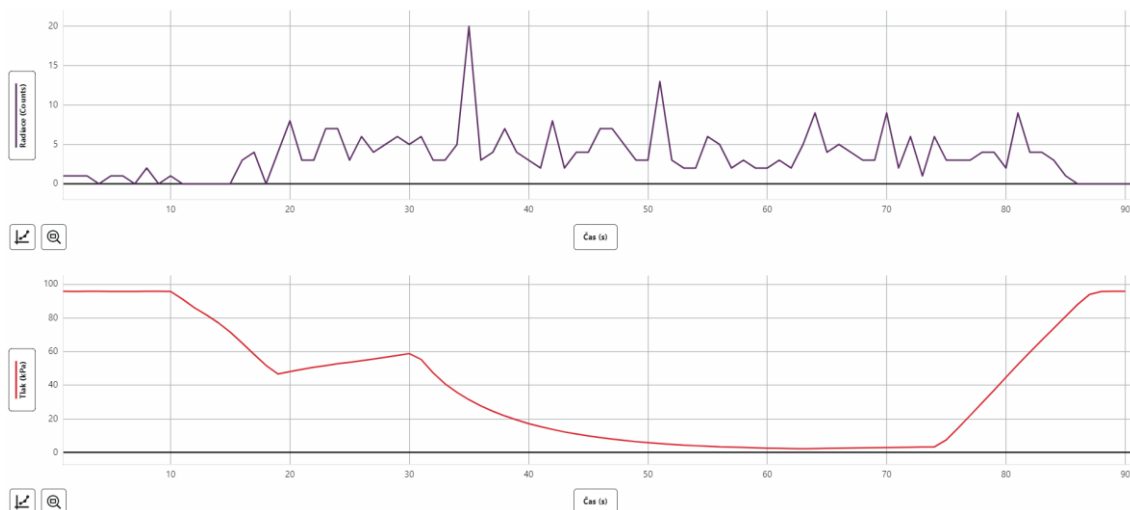
Pro γ -záření je situace podobná jako pro β -záření a na základě teoretické úvodu 7.7.2 očekávatelná. Vyčerpáním vzduchu nedojde ke změně počtu záchytů, v tomto případě fotonů (Obrázek 7.7.5.4).



Obrázek 7.7.5.4: Průběh měření γ -záření v závislosti na tlaku.

7.7.6 Diskuze

Měření probíhalo dle očekávání. Pro daný α -zářič je vhodné si vyzkoušet, v jaké poloze dojde při měření nejvýraznější změně. Pro tento typ zářiče byly 2 cm už poměrně špatné, protože po vyčerpání vzduchu sice byl vidět nárůst v záchytu α -částic, ale nebyl tak markantní (Obrázek 7.7.6.1).



Obrázek 7.7.6.1: Měření α -záření při vzdálenosti zdroje 2–2,5 cm.

Měření je možné obměnit jinými typy zdrojů, např. výkonnějšími. Dále pak je možné měření rozšířit o další měření tím, že bude docházet ke změně vzdálenosti zdroje v pravidelných intervalech např. při každém posunutí od detektoru o 0,5 cm.

Za nejvhodnější obměnu pokusu však považují to, že by se měření nezačínalo α -zářením, ale naopak γ -zářením. Dále pokračovat β -zářením a nakonec α -zářením. Zároveň by před měřením šlo nechat žáky odhadnout, kdy dojde ke změně počtu záchytů.

7.7.7 Otázky pro žáky

1. Najdi na internetu, v učebnici nebo v jiných zdrojích 2 příklady využití radioaktivního záření.
2. Které z typů záření (alfa, beta, gama) nelze odstínit elektrickým polem?
3. Alfa záření je pohlceno už malou vrstvou vzduchu či listem papíru. Pokus se najít na internetu, v jakých případech je zdroj alfa záření nebezpečný?

7.7.8 Závěr

Alfa-záření je pohlcováno už malou vrstvou vzduchu, a tudíž je schopno se ve vakuu šířit lépe. Na šíření beta-záření nemá vyčerpání vzduchu významný vliv. Na šíření gama-záření nemá vyčerpání vzduchu významný vliv.

8 Experimentální část

Navržené pokusy byly pomocí akčního výzkumu předvedeny jak odborné veřejnosti, tak žákům v různých školách. Mezi ně patřili učitelé fyziky Gymnázia Strakonice a studenti navazujícího magisterského programu učitelství fyziky Pedagogické fakulty Jihočeské univerzity.

Ověření před žáky proběhlo na třech různých školách, konkrétně na ZŠ L. Kuby v Českých Budějovicích, Gymnáziu v Českém Krumlově a Gymnáziu ve Strakonici. Jednalo se o žáky sedmých, osmých a devátých tříd.

8.1 Akční výzkum

Akční výzkum je druh aplikovaného výzkumu, který se používá především v sociálních vědách, jako jsou například pedagogika či zdravotní a sociální oblasti. Jedná se o vhodný nástroj, který slouží k převedení výsledků výzkumu do praxe. Je to opakující se proces po sobě jdoucích dějů, mezi které patří plánování, činnost, pozorování a reflexe, přičemž reflexe na konci cyklu slouží k revidování dalšího postupu. [59; 60]

V oblasti učitelství je akční výzkum vnímán jako nástroj k získávání dat a následnému zlepšení učitelství praxe. Slouží tedy k profesnímu růstu učitele a zlepšení kvality školy. Studuje reálnou školní situaci a zpravidla se opírá o řadu otázek. [59]

Existuje mnoho nástrojů akčního výzkumu [61]. Při pilotáži a ověřování pokusů bylo použito především předvedení pokusů žákům, po kterém následovaly ještě doplňující otázky. V případě ověřování u učitelů se jednalo o skupinový rozhovor, jemuž předcházely ukázky všech pokusů. Z rozhovoru byl pořízen navíc audiozáznam a účastníkům byly rovněž zadány doplňující otázky.

8.2 Pilotáž pokusů

Pokusy byly předvedeny dvěma skupinám, a to učitelům fyziky a studentům učitelství fyziky v předposledním ročníku studia. Ze setkání byly pořízeny audionahrávky a všem účastníkům byly rozdány krátké dotazníky týkající se každého pokusu.

Seznam otázek ke každému pokusu byl stejný. Kromě otázky č. 4 měli dotazování na výběr z odpovědí „Ano“ a „Ne“. K otázce č. 1 byla ještě možnost se kromě zakroužkování otázky vyjádřit ohledně případných změn či doplnění pokusu. Otázky byly:

1. Považujete návod pokusu za dostačující k přípravě a provedení pokusu?
2. Je pokus a jeho provedení srozumitelné?
3. Přijde Vám pokus vhodný k zařazení do výuky?
4. V případě, že Vám pokus nepřijde vhodný k zařazení do výuky, napište prosím z jakého důvodu.
5. Myslíte si, že pokus splňuje vytyčený cíl?
6. Přijde Vám provedení pokusu dostatečně názorné a pro žáky viditelné?
7. Považujete pokus za základní, nebo za rozšiřující?

Na konci otázek byl ponechán prostor pro možné připomínky ke každému pokusu.

8.2.1 Setkání na Gymnáziu ve Strakonících

Setkání s učiteli fyziky proběhlo na Gymnáziu ve Strakonících ve dvou termínech. Jedna skupina učitelů se dostavila v úterý 12. března 2024 a druhá ve středu 20. března 2024. Průběh obou setkání byl identický. Dohromady se obou setkání zúčastnilo 6 učitelů, kterým byla dopředu zaslána část této práce popisující přípravu a průběh pokusů (kapitola 7). Před začátkem setkání už tedy byli seznámeni se všemi pokusy a došlo pouze k ukázce samotného měření, rozdání dotazníku ke každému pokusu a následnému rozhovoru.

Měření hladiny intenzity zvuku v závislosti na atmosférickém tlaku

Odpovědi na doplňující otázky (kromě otázky č. 4) shrnuje Tabulka 8.2.1.1. V tabulce je uvedena nejčastější odpověď, přičemž v závorce je počet respondentů, kteří tuto odpověď zvolili.

Tabulka 8.2.1.1: Výsledky doplňujících otázek k pokusu s intenzitou zvuku.

Číslo otázky					
1	2	3	5	6	7
Ano (6)	Ano (6)	Ano (6)	Ano (6)	Ano (6)	Základní (6)

K pokusu se během setkání neobjevily žádné nápady ani připomínky.

Diskuze

Všichni dotázaní byli s provedením a cílem pokusu spokojeni. Během ukázky ani po ní se neobjevily žádné připomínky.

Závěr

Pokus je vhodný k užití ve výuce.

Měření a porovnání tlaku v různých typech vývěv.

Odpovědi na doplňující otázky (kromě otázky č. 4) shrnuje Tabulka 8.2.1.2. V tabulce je uvedena nejčastější odpověď, přičemž v závorce je počet respondentů, kteří tuto odpověď zvolili.

Tabulka 8.2.1.2: Výsledky doplňujících otázek k pokusu s různými typy vývěv.

Číslo otázky					
1	2	3	5	6	7
Ano (6)	Ano (6)	Ano (6)	Ano (6)	Ano (6)	Základní (6)

Jeden z dotázaných napsal do prostoru pro připomínky, že by mohl pokus sloužit jako reklama na kuchyňskou vývěvu. To bylo myšleno patrně s humorem. Tuto myšlenku však vyjádřili ústně během provádění pokusu ještě další dva respondenti. Všichni byli překvapeni, jak nízkého tlaku je kuchyňská vývěva schopna dosáhnout.

S ohledem na dobu a náročnost čerpání u školní pístové vývěvy navrhovala část dotázaných, aby se při provádění pokusu v čerpání střídali žáci.

Diskuze

Všichni dotázaní byli s provedením a cílem pokusu spokojeni. Během ukázky a i v dotazníku se objevily dvě připomínky. Jednu z nich lze považovat za vtipnou poznámku a druhou jako nápad na udržení pozornosti žáků během provádění pokusu.

Závěr

Pokus je vhodný k užití ve výuce. Je možné nechat žáky čerpat pístovou vývěvou samotné.

Měření hydrostatického tlaku při změně atmosférického tlaku.

Odpovědi na doplňující otázky (kromě otázky č. 4) shrnuje Tabulka 8.2.1.3. V tabulce je uvedena nejčastější odpověď, přičemž v závorce je počet respondentů, kteří tuto odpověď zvolili.

Tabulka 8.2.1.3: Výsledky doplňujících otázek k pokusu s hydrostatickým tlakem.

Číslo otázky					
1	2	3	5	6	7
Ano (6)	Ano (6)	Ano (6)	Ano (6)	Ano (6)	Rozšiřující (4)

Další připomínky se k pokusu a jeho provedení neobjevily.

Diskuze

Všichni učitelé považují pokus za vhodný k užití do výuky, avšak většina z nich ho nepovažuje jako základní pokus a jeho provedení by zvažovala v případě dostatečného množství času během školního roku. Část učitelů by pokus provedla v době mimo výuku pro zájemce z řad žáků.

Závěr

Pokus splňuje daný cíl, lze ho však považovat za pokus nad rámec standardní výuky.

Měření rychlosti větru za sníženého tlaku

Odpovědi na doplňující otázky (kromě otázky č. 4) shrnuje Tabulka 8.2.1.4. V tabulce je uvedena nejčastější odpověď, přičemž v závorce je počet respondentů, kteří tuto odpověď zvolili.

Tabulka 8.2.1.4: Výsledky doplňujících otázek k pokusu s měřením rychlosti větru.

Číslo otázky					
1	2	3	5	6	7
Ano (6)	Ano (6)	Ano (4)	Ano (6)	Ano (6)	Rozšiřující (5)

Dva z dotázaných, kteří nepovažují pokus za vhodný k zařazení do výuky, nevyplnili doplňující otázku, z jakého důvodu. Avšak po ústním dotázání odpověděli, že nevidí smysl v měření rychlosti větru ve vakuu a pokus považují za zbytečný. Oproti tomu jeden z učitelů měl během provádění pokusu připomínku, že by se na základě pokusu dalo diskutovat s žáky, proč na dobových záběrech „vlaje“ americká vlajka při prvním přistání na Měsíci.

Všem dotázaným přišlo zajímavé, že samotné elektromagnetické pole zapnutého ventilátoru (resp. vývěvy) ovlivňuje měření, a část z nich by tento pokus použila spíše pro výuku elektromagnetismu ve fyzikálním semináři.

Diskuze

Všichni dotázání považují provedení pokusu za srozumitelné a pokus podle nich splňuje daný cíl. Část respondentů však nepovažuje pokus za vhodný k užití ve výuce. Pokud by ho použili, tak by to byl rozšiřující pokus.

Část respondentů by pokus použila pro výuku elektromagnetismu ve fyzikálním semináři, který si žáci zapisují dobrovolně na vyšším stupni gymnázia.

Závěr

Vhodnost zařazení pokusu do výuky je diskutabilní. V případě zařazení je jedná o rozšiřující pokus.

„Vznes se dron ve vakuu?“

Odpovědi na doplňující otázky (kromě otázky č. 4) shrnuje Tabulka 8.2.1.5. V tabulce je uvedena nejčastější odpověď, přičemž v závorce je počet respondentů, kteří tuto odpověď zvolili.

Tabulka 8.2.1.5: Výsledky doplňujících otázek k pokusu s dronem ve vakuu.

Číslo otázky					
1	2	3	5	6	7
Ano (6)	Ano (6)	Ano (6)	Ano (6)	Ano (6)	Základní (5)

V dotazníku se objevila jedna připomínka, a to, že na základě tohoto pokusu by bylo možné s žáky diskutovat, jak může vrtulník Ingenuity od NASA létat na Marsu a jaká byla technická řešení při vývoji tohoto vrtulníku.

Diskuze

Všichni učitelé považují pokus, na základě dotazníku, za srozumitelný a vhodný k do výuky. Jeden z dotázaných ho považuje za rozšiřující. Dále se učitelům líbil pokus i z hlediska vysoké atraktivity pro žáky.

Závěr

Pokus je vhodný k užití ve výuce.

Měření přenosu tepla ve vakuu

Odpovědi na doplňující otázky (kromě otázky č. 4) shrnuje Tabulka 8.2.1.6. V tabulce je uvedena nejčastější odpověď, přičemž v závorce je počet respondentů, kteří tuto odpověď zvolili.

Tabulka 8.2.1.6: Výsledky doplňujících otázek k pokusu s měřením přenosu tepla.

Číslo otázky					
1	2	3	5	6	7
Ano (6)	Ano (6)	Ano (6)	Ano (6)	Ano (6)	Základní (4)

Jeden z respondentů dopsal do části pro připomínky, že pokus považuje za vhodný k výuce na vyšším stupni gymnázia (resp. na střední škole). Části dotazovaných přijde pokus atraktivní v počáteční fázi, kdy je koule zahřívána, a považují to i za atraktivní pro žáky. Nicméně měření a průběh pokusu by, v případě dostatečného technického vybavení učebny, promítali stranou a během doby měření by pokračovali ve výkladu látky. K pokusu a jeho interpretaci by se následně vrátili po uplynutí několika minut.

Část učitelů spatřuje přínos pokusu navíc v tom, že při vyčerpávání vzduchu dochází k adiabatické expanzi, a tudíž k poklesu teploty v oblasti recipientu. Tento fakt by však řešili pouze s žáky vyššího stupně gymnázia.

Diskuze

Všichni učitelé považují pokus za srozumitelný a vhodný k užití ve výuce. Dva z nich ho považují za pokus rozšiřující, který by prováděli ve ročnících vyššího stupně gymnázia.

Závěr

Pokus je vhodný k zařazení do výuky. Je vhodné pokus nechat probíhat „na pozadí“ a během měření pokračovat ve výuce.

Měření pohlcování alfa, beta a gama záření.

Odpovědi na doplňující otázky (kromě otázky č. 4) shrnuje Tabulka 8.2.1.7. V tabulce je uvedena nejčastější odpověď, přičemž v závorce je počet respondentů, kteří tuto odpověď zvolili.

Tabulka 8.2.1.7: Výsledky doplňujících otázek k pokusu s alfa, beta a gama zářením.

Číslo otázky					
1	2	3	5	6	7
Ano (6)	Ano (6)	Ano (6)	Ano (6)	Ano (6)	Základní (5)

Jediná připomínka byla od učitele, který pokus považuje jako rozšiřující. Do dotazníku k otázce č. 7 dopsal, že by ho považuje za základní na střední školu a rozšiřující na základní školu.

Diskuze

Všichni učitelé považují pokus za vhodný k zařazení do výuky. Jeden z nich ho považuje za rozšiřující pokus v rámci základní školy.

Závěr

Pokus je vhodný k zařazení do výuky.

8.2.2 Setkání se studenty učitelství fyziky

Ukázka pokusů třem studentům učitelství fyziky proběhla na půdě Pedagogické fakulty Jihočeské univerzity, v místnosti J219 v rámci předmětu „Praktikum školních pokusů z fyziky II“. Studentům nebyla dopředu zaslána část této práce, ale zbytek pilotáže probíhal ve stejném duchu jako na Gymnáziu ve Strakonících.

Setkání proběhla ve dvou dnech, a to v úterý 12. a 19. března. Na prvním setkání byli přítomni pouze dva studenti. Na druhém setkání byli přítomni tři.

Měření hladiny intenzity zvuku v závislosti na atmosférickém tlaku

Odpovědi na doplňující otázky (kromě otázky č. 4) shrnuje Tabulka 8.2.2.1. V tabulce je uvedena nejčastější odpověď, přičemž v závorce je počet respondentů, kteří tuto odpověď zvolili. Ukázky toho pokusu se zúčastnili pouze dva studenti.

Tabulka 8.2.2.1: Výsledky doplňujících otázek k pokusu s intenzitou zvuku.

Číslo otázky					
1	2	3	5	6	7
Ano (2)	Ano (2)	Ano (2)	Ano (2)	Ano (2)	Základní (2)

K pokusu se během setkání neobjevily žádné nápady ani připomínky.

Diskuze

Všichni dotázaní byli s provedením a cílem pokusu spokojeni a považují ho za vhodný k zařazení do výuky.

Závěr

Pokus je vhodný k užití ve výuce.

Měření a porovnání tlaku v různých typech vývěv.

Odpovědi na doplňující otázky (kromě otázky č. 4) shrnuje Tabulka 8.2.2.2. V tabulce je uvedena nejčastější odpověď, přičemž v závorce je počet respondentů, kteří tuto odpověď zvolili. Ukázky toho pokusu se zúčastnili pouze dva studenti.

Tabulka 8.2.2.2: Výsledky doplňujících otázek k pokusu s různými typy vývěv.

Číslo otázky					
1	2	3	5	6	7
Ano (2)	Ano (2)	Ano (1)	Ano (2)	Ano (1)	Rozšiřující (2)

Jeden z dotázaných by ocenil, kdyby v pokusu byly jednotlivé typy vývěv ještě roztríděny z hlediska toho, jestli jde o školní pomůcku, kuchyňský nástroj apod.

Diskuze

Jeden z dotázaných nepovažuje pokus za vhodný k použití ve výuce. Důvod nevedl. Stejně tak nepovažuje provedení pokusu za dostatečně názorné. V případě užití považují oba studenti pokus za rozšiřující.

Závěr

Využití pokusu ve výuce je, z hlediska studentů učitelství, diskutabilní. Pokud se k jeho provedení vyučující rozhodne, tak se jedná spíše o rozšiřující pokus.

Měření hydrostatického tlaku při změně atmosférického tlaku.

Odpovědi na doplňující otázky (kromě otázky č. 4) shrnuje Tabulka 8.2.2.3. V tabulce je uvedena nejčastější odpověď, přičemž v závorce je počet respondentů, kteří tuto odpověď zvolili. Ukázky toho pokusu se zúčastnili pouze dva studenti.

Tabulka 8.2.2.3: Výsledky doplňujících otázek k pokusu s hydrostatickým tlakem.

Číslo otázky					
1	2	3	5	6	7
Ano (2)	Ano (2)	Ano (2)	Ano (2)	Ano (2)	Rozšiřující (2)

Další připomínky se k pokusu a jeho provedení neobjevily.

Diskuze

Pokus považují oba studenti za rozšiřující. Důvod sdělen nebyl.

Závěr

Pokus splňuje daný cíl a jeho provedení je srozumitelné, lze ho však považovat za pokus nad rámec standardní výuky.

Měření rychlosti větru za sníženého tlaku

Odpovědi na doplňující otázky (kromě otázky č. 4) shrnuje Tabulka 8.2.2.4. V tabulce je uvedena nejčastější odpověď, přičemž v závorce je počet respondentů, kteří tuto odpověď zvolili. Ukázky toho pokusu se zúčastnili tři studenti.

Tabulka 8.2.2.4: Výsledky doplňujících otázek k pokusu s měřením rychlosti větru.

Číslo otázky					
1	2	3	5	6	7
Ano (3)	Ano (3)	Ne (2)	Ano (3)	Ano (3)	Rozšiřující (3)

Diskuze

Dva studenti nepovažují pokus za vhodný k užití ve výuce z toho důvodu, že je pro ně měření rychlosti větru ve vakuu zbytečné.

Závěr

Na základě odpovědí studentů není pokus vhodný pro výuku. V případě jeho zařazení se jedná o rozšiřující pokus.

„Vznese se dron ve vakuu?“

Odpovědi na doplňující otázky (kromě otázky č. 4) shrnuje Tabulka 8.2.2.5. V tabulce je uvedena nejčastější odpověď, přičemž v závorce je počet respondentů, kteří tuto odpověď zvolili. Ukázky toho pokusu se zúčastnili pouze dva studenti.

Tabulka 8.2.2.5: Výsledky doplňujících otázek k pokusu s dronem ve vakuu.

Číslo otázky					
1	2	3	5	6	7
Ano (2)	Ano (2)	Ano (2)	Ano (2)	Ano (2)	Rozšiřující (2)

Další připomínky se k pokusu a jeho provedení neobjevily.

Diskuze

Studenti považují pokus za srozumitelný a vhodný k zařazení do výuky. Pokus splňuje vytyčený cíl.

Závěr

Pokus je vhodný k užití ve výuce.

Měření přenosu tepla ve vakuu

Odpovědi na doplňující otázky (kromě otázky č. 4) shrnuje Tabulka 8.2.2.6. V tabulce je uvedena nejčastější odpověď, přičemž v závorce je počet respondentů, kteří tuto odpověď zvolili. Ukázky toho pokusu se zúčastnili tři studenti.

Tabulka 8.2.2.6: Výsledky doplňujících otázek k pokusu s měřením přenosu tepla.

Číslo otázky					
1	2	3	5	6	7
Ano (3)	Ano (3)	Ano (3)	Ano (3)	Ano (3)	Základní (3)

Diskuze

Studenti pokus považují za vhodný k užití ve výuce. Manipulaci s ohněm a hořákem považují za atraktivní a oživující průběh vyučování.

Závěr

Pokus je vhodný k zařazení do výuky.

Měření pohlcování alfa, beta a gama záření.

Odovědi na doplňující otázky (kromě otázky č. 4) shrnuje Tabulka 8.2.2.7. V tabulce je uvedena nejčastější odpověď, přičemž v závorce je počet respondentů, kteří tuto odpověď zvolili. Ukázky toho pokusu se zúčastnili tři studenti.

Tabulka 8.2.2.7: Výsledky doplňujících otázek k pokusu s alfa, beta a gama zářením.

Číslo otázky					
1	2	3	5	6	7
Ano (3)	Ano (3)	Ano (3)	Ano (3)	Ano (3)	Rozšiřující (3)

Další připomínky se k pokusu a jeho provedení neobjevily.

Diskuze

Všichni studenti považují pokus za vhodný k zařazení do výuky a zároveň ho všichni považují za rozšiřující pokus, který by prováděli pro zájemce z řad žáků, a to mimo dobu výuky.

Závěr

Pokus je vhodný k zařazení do výuky. Lze ho považovat za rozšiřující.

8.3 Ověření pokusů před žáky

Všechny pokusy byly ověřovány v hodinách fyziky mezi žáky různých škol. Žákům byly předvedeny některé z pokusů, přičemž k nim dostali papír s doplňujícími otázkami, aby bylo možné posoudit, zda danému pokusu porozuměli.

8.3.1 Setkání na ZŠ L. Kuby v Českých Budějovicích

Ukázka čtyř pokusů proběhla v sedmých ročnících (7. A a 7. C) na základní škole L. Kuby v Českých Budějovicích a proběhla ve dvou vyučovacích hodinách. V každé hodině byly demonstrovány dva pokusy, kdy po provedení jednoho obdržely žáci papír s doplňujícími otázkami, které se týkaly daného pokusu.

Ve třídě se 7. A bylo přítomno 20 žáků a byly předvedeny pokusy „Měření a porovnání tlaku v různých typech vývěv“ a „Měření hydrostatického tlaku při změně atmosférického tlaku“. V 7. C by přítomno 23 žáků a byly předvedeny pokusy „Vznese se dron ve vakuu?“ a „Měření rychlosti větru za sníženého tlaku.“.

Měření a porovnání tlaku v různých typech vývěv v 7. A

Při měření různých typů vývěv odpovídali žáci na pět otázek:

1. Vyber správnou odpověď. Vývěva je zařízení, které
 - a. snižuje tlak vzduchu v určitém prostoru.
 - b. zvyšuje tlak vzduchu v určitém prostoru.
 - c. neslouží k dosažení vakua (vzduchoprázdna).
 - d. pumpuje vzduch do určitého prostoru.
2. Na základě pokusu zakroužkuj, které tvrzení považuješ za správné. Správných odpovědí může být více.
 - a. Všechny typy vývěv vyčerpají vzduch na stejný tlak.
 - b. Každý typ vývěvy se může lišit tlakem, kterého je schopné dosáhnout.
 - c. Každý typ vývěvy se může lišit rychlostí, kterou je schopná čerpat vzduch.
 - d. Všechny typy vývěv čerpají vzduch stejnou rychlostí.
3. Která z vývěv dosáhla nejnižšího tlaku?
4. Kuchyňská vývěva dosáhne menší tlaku než školní pístová.
 - a. Ano.
 - b. Ne.
5. Všechny vývěvy pracují na stejném principu.
 - a. Ano.
 - b. Ne.

Správnost odpovědí shrnuje Tabulka 8.3.1.1.

Tabulka 8.3.1.1: Výsledky doplňujících otázek k pokusu s různými druhy vývěv.

Pokus	Číslo otázky	Počet správných odpovědí
Měření a porovnání tlaku v různých typech vývěv.	1	20
	2	20
	3	20
	4	16
	5	11

Diskuze

Na základě počtu správných odpovědí v otázkách č. 1–4 lze usoudit, že žáci pokus pochopili. Chápou, k čemu slouží vývěva. Chápou, že existují různé druhy vývěv, které se mohou lišit svými vlastnostmi. Zároveň žáci pochopili, že ne všechny vývěvy mohou vyčerpat vzduch na stejnou hodnotu tlaku a každá může čerpat různou rychlostí. Pouze u poslední otázky zodpovědělo správně 11 žáků z 20, což může znamenat, že nepochopili otázku „Všechny vývěvy pracují na stejném principu.“. Pod slovem „princip“ si pravděpodobně žáci mohli představit to, že principem vývěvy je vyčerpat vzduch, což není špatná představa, nebo zkrátka nepochopili rozdíl v získávání vakua pomocí pístové a rotační vývěvy.

Závěr

Pokus je vhodný k zařazení do výuky. Slouží dobře pro seznámení žáků s tím, co je to vakuum, jaké přístroje ho jsou schopny dosáhnout a v čem se tyto přístroje mohou lišit.

Měření hydrostatického tlaku při změně atmosférického tlaku v 7. A

Při měření hydrostatického tlaku v závislosti na atmosférickém odpovídali žáci na pět otázek:

1. Při měření tlaku u dna nádoby měříme jenom hydrostatický tlak. Atmosférický tlak nemá na měření vliv.
 - a. Ano.
 - b. Ne.
2. O kolik pascalů se zvýší hodnota hydrostatického tlaku u dna nádoby, zvýší-li se hodnota atmosférického tlaku o 1000 pascalů?
3. Při posunutí hadičky ze dna nádoby do její poloviny se naměřený tlak:
 - a. nezmění.
 - b. zvýší.
 - c. sníží.
4. Atmosférický tlak nad hladinou vody je 97 kPa. U dna nádoby jsme naměřili tlak 98 kPa. Jaký je hydrostatický tlak u dna nádoby?
5. Jaký tlak naměříme v případě, že hadičku měřáku vytáhneme z vody úplně?

Správné odpovědi shrnuje Tabulka 8.3.1.2.

Tabulka 8.3.1.2: Výsledky doplňujících otázek k měření hydrostatického tlaku.

Pokus	Číslo otázky	Počet správných odpovědí
Měření hydrostatického tlaku při změně atmosférického tlaku	1	16
	2	15
	3	18
	4	12
	5	16

Diskuze

Všechny otázky byly zodpovězeny s více než poloviční úspěšností. Na základě počtu správných odpovědí u otázek č. 1, č. 3 a č. 5 lze usoudit, že většina žáků chápe, že měření absolutního tlaku u dna nádoby měříme i atmosférický tlak a že se změnou atmosférického tlaku se změní i tlak u dna nádoby. Nejmenší úspěšnost měla otázka č. 4, kdy správně odpovědělo pouze 12 žáků. Tento výsledek je zajímavý v tom, že 15 žáků odpovědělo správně u otázky č. 2, která je pouze obměněnou otázkou č. 4.

Menší úspěšnost může být způsobena i nepochopením výkladu při provádění pokusu.

Závěr

Pokus je vhodný na zařazení do výuky. Více než tři čtvrtiny žáků pochopily, že tlak měřený u dna nádoby s vodou je součtem atmosférického tlaku a hydrostatického tlaku sloupce vody.

„Vznese se dron ve vakuu?“ v 7. C

Při ukázce toho, že letové vlastnosti dronu souvisí s tlakem uvnitř recipientu, odpovídali žáci na tři otázky:

1. Dron se po vyčerpání vzduchu nevznesl?
 - a. Ano
 - b. Ne.
2. Závisí letové vlastnosti dronu na tlaku vzduchu v jeho okolí?
 - a. Ano
 - b. Ne.
3. Rozhodni o pravdivosti následujících tvrzení (správných odpovědí může být více):
 - a. Dron byl schopný se vznést bez ohledu na to, jak nízký byl tlak uvnitř víka.
 - b. Při vyčerpání vzduchu se vrtule dronu neroztočily.
 - c. Čím více je vzduch pod víkem zředěný, tím snáze se dron vznese.
 - d. Čím více je vzduch pod víkem zředěný, tím hůř se dron vznese.
 - e. Po dosažení určitého tlaku není dron schopný se vznést vůbec.

Správné odpovědi shrnuje Tabulka 8.3.1.3

Tabulka 8.3.1.3: Výsledky doplňujících otázek při pokusu s vznesením dronu ve vakuu.

Pokus	Číslo otázky	Počet správných odpovědí
„Vznese se dron ve vakuu?“	1	22
	2	22
	3	11

Diskuze

U prvních dvou otázek odpověděli dobře všichni žáci až na jednoho (ten odevzdal nevyplněný papír). S téměř plnou úspěšností otázek č. 1–2 lze tvrdit, že žáci pokus pochopili. Otázka č. 3 má menší než poloviční úspěšnost, ale myslím si, že příčina je v nepochopení jedné z možných odpovědí.

Celkem osm žáků, kteří měli správně odpovědi u prvních dvou otázek, označili za správné dvě odpovědi u třetí otázky jako c) a e). Správné odpovědi však byly d) a e). Domnívám se, že alespoň část z nich si špatně vyložila slovo „zředěný“ v otázkách c) a d) a tím pádem měli otázku č. 3 špatně, ačkoliv nejspíš smysl pokusu pochopili.

Závěr

Pokus je vhodný k použití do výuky, jelikož téměř všichni žáci pochopili, že letové vlastnosti dronu jsou ve vakuu omezené. Část žáků (necelá polovina) chápe, že tyto letové vlastnosti závisí na tom, jak moc je vzduch zředěný.

Měření rychlosti větru za sníženého tlaku v 7. C

Při měření rychlosti větru v závislosti na tlaku uvnitř recipientu odpovídali žáci na tři otázky:

1. Při nižším tlaku vzduchu byla rychlost větru naměřena vyšší, než za normální hodnoty tlaku vzduchu.
 - a. Ano.
 - b. Ne.
2. Vyber správnou odpověď. Při vrácení vzduchu pod skleněné víko se rychlost větru...
 - a. nezměnila.
 - b. snížila.
 - c. zvýšila.
3. Je možné měřit rychlost větru na Měsíci, který prakticky nemá atmosféru?
 - a. Ano.
 - b. Ne.

Správné odpovědi shrnuje Tabulka 8.3.1.4.

Tabulka 8.3.1.4: Výsledky doplňujících otázek u pokusu s měřením rychlosti větru.

Pokus	Číslo otázky	Počet správných odpovědí
Měření rychlosti větru za sníženého tlaku	1	18
	2	18
	3	14

Diskuze

Úspěšnost žáků u prvních dvou otázek je více než tříčtvrtinová. Z toho je možné tvrdit, že žáci pochopili podstatu měření rychlosti větru pomocí jeho dynamického účinku a že toto měření souvisí s tím, jak moc zředěný je vzduch, pomocí kterého se vítr šíří.

U třetí otázky byla úspěšnost nižší, nicméně byla nadpoloviční. Menší úspěšnost může být zapříčiněna tím, že otázka se týká pokusu nepřímo a vyžaduje určitou míru představivosti, což mohlo některým žákům, pochopitelně, dělat problém.

Podobně jako u předchozího pokusu v této třídě se objevil jeden žák, který nevyplnil žádnou z otázek.

Závěr

Pokus je vhodný do výuky, většina žáků ho pochopila. Poslední z otázek se pokusí týká nepřímo a v případném dalším ověřování by mohla být nechána, popř. nahrazena jinou.

8.3.2 Setkání na Gymnáziu v Českém Krumlově

Na Gymnáziu v Českém Krumlově proběhla ukázka dvou pokusů ve třídě 2. S (šestileté studium) dne 8. března. Jedná se o třídu, která odpovídá devátému ročníku. Ve třídě bylo celkem 20 žáků a byly jim předvedeny pokusy „Měření intenzity zvuku v závislosti na atmosférickém tlaku“ a „Měření pohlcování alfa, beta a gama záření“, kdy po jejich provedení dostali žáci sadu doplňujících otázek k vyplnění. Tyto pokusy byly zvoleny proto, že se tato tematika objevuje v devátém ročníku.

Měření hladiny intenzity zvuku v závislosti na atmosférickém tlaku v 2. S

Při měření hlasitosti zvuku ve vakuu odpovídali žáci na tři doplňující otázky:

1. Pokus ukazoval, že při vyčerpání/zředění vzduchu se zvuk šíří lépe.
 - a. Ano.
 - b. Ne.
2. Čím menší tlak vzduchu naměříme pod skleněným víkem, tím ... (vyber správnou odpověď)
 - a. je hlasitost zvonku menší.
 - b. je hlasitost zvonku vyšší.
 - c. se hlasitost zvonku nezmění.
3. V jakých jednotkách byla měřena hladina intenzity zvuku?

Správné odpovědi shrnuje Tabulka 8.3.2.1.

Tabulka 8.3.2.1: Výsledky doplňujících otázek k pokusu s hlasitostí zvuku ve vakuu.

Pokus	Číslo otázky	Počet správných odpovědí
Měření hladiny intenzity zvuku v závislosti na atmosférickém tlaku	1	20
	2	20
	3	20

Diskuze

Žáci neměli zjevně žádný problém s pochopením pokusu, jelikož všechny tři otázky zodpověděli všichni žáci správně. Pokus pro ně mohl být velice atraktivní, nebo to může být způsobeno tím, že látku o šíření zvuku probírali týden před prováděním pokusů, proto je dost možné, že by byli schopni odpovídat správně i bez pokusu.

Závěr

Na základě počtu správných odpovědí je pokus vhodný k užití ve výuce.

Měření pohlcování alfa, beta a gama záření ve vakuu v 2. S

Při měření pohlcování různých typů záření ve vakuu odpovídali žáci na čtyři doplňující otázky:

1. Měření počtu záchyťů alfa záření bylo závislé na množství vyčerpaného vzduchu?
 - a. Ano.
 - b. Ne.
2. Měření počtu záchyťů beta záření bylo závislé na množství vyčerpaného vzduchu?
 - a. Ano.
 - b. Ne.
3. Měření počtu záchyťů gama záření bylo závislé na množství vyčerpaného vzduchu?
 - a. Ano.
 - b. Ne.
4. Jak by se změnil počet zachycených alfa částic, kdybychom ho dali dál od detektoru radiace? Svou odpověď se pokus zdůvodnit.

Správné odpovědi shrnuje Tabulka 8.3.2.2 a ukázka vyplněného dotazníku je v Příloze 2.

Tabulka 8.3.2.2: Výsledky doplňujících otázek k pokusu s měřením záření ve vakuu.

Pokus	Číslo otázky	Počet správných odpovědí
Měření pohlcování alfa, beta a gama záření ve vakuu	1	18
	2	19
	3	19
	4	14

Diskuze

Ačkoliv zatím žáci této třídy radioaktivitu neprobírali, tak správnost odpovědí je uspokojivá. Na dotaz, zda někdo z žáků někdy slyšel o radioaktivitě a co si pod tím představuje, odpověděli před provedením pokusu pouze dva žáci. Oba vesměs věděli, že jde o přeměnu prvků a že „se při tom něco vyzařuje“.

Z počtu správných odpovědí lze usuzovat, že se žáci díky němu a díky krátkému úvodnímu výkladu dobře seznámili s tím, že existují tři druhy záření a že se liší v tom, jak pronikají látkovým prostředím.

První tři otázky měly velmi vysokou úspěšnost. Poslední otázka, která byla otevřená a vyžadovala sofistikovanější odpověď než prosté zakroužkování, měla menší úspěšnost, ale stále ji zodpověděly správně téměř tři čtvrtiny z dotázaných. U poslední otázky pět žáků ze šesti neodpovědělo vůbec a jeden žák do prostoru pro odpověď nakreslil obrázek hvězdiček, čemuž nebyla věnována další pozornost.

Závěr

Na základě počtu správných odpovědí a s přihlédnutím k tomu, že žáci danou látku (radioaktivita) neprobírali, lze pokus zařadit do výuky.

8.3.3 Setkání na ZŠ T. G. Masaryka ve Vimperku

Na tomto setkání proběhla ukázka jednoho pokusu, a to pokusu s přenosem tepla ve vakuu. Pokus byl předveden 21 žákům z osmého ročníku (8. A) dne 11. března. Tento pokus byl zvolen proto, že přenos tepla se probírá nejčastěji v osmém ročníku, což byl případ i této třídy. Po provedení pokusu dostali žáci list s dvěma doplňujícími otázkami:

1. Teplo se ve vakuu (vzduchoprázdnu) nešíří.
 - a. Ano.
 - b. Ne.
2. Při vyčerpání vzduchu se teplota zvyšovala pomaleji než před začátkem čerpání.
 - a. Ano.
 - b. Ne.

Správné odpovědi shrnuje Tabulka 8.3.3.1.

Tabulka 8.3.3.1: Výsledky doplňujících otázek k pokusu s přenosem tepla ve vakuu.

Pokus	Číslo otázky	Počet správných odpovědí
Měření přenosu tepla ve vakuu	1	21
	2	19

Diskuze

Pochopení pokusu nedělalo žákům problém. Smysl pokusu pochopili všichni. Správně určili, že se teplo ve vakuu přenáší.

U druhé otázky je o dvě správné odpovědi méně. Jedna ze špatných odpovědí byla vyplněna špatně, druhá odpověď byla považována za špatnou, protože byly zakroužkovány obě možnosti.

Závěr

Na základě počtu správných odpovědí je pokus vhodný k zařazení do výuky.

9 Závěr

V diplomové práci byly zdefinovány základní pojmy k tématu fyzikálních pokusů ve vakuu a měřících zařízeních, představeny nové experimenty, které lze ve snížené atmosféře provádět (nebo neprovádět). Navíc byly tyto pokusy předvedeny žákům a učitelům, kteří jim udělili hodnocení, jež bylo v rámci diplomové práce statisticky zpracováno.

První, teoretická část obsahovala důkladný průzkum existujících pokusů ve vakuu (kurikulární dokumenty, učebnice pro základní a střední školy, existující výzkumné práce) a shromáždění informací o existujících měřících systémech v ČR.

Bylo navrženo a realizováno sedm experimentů, které pokrývají široké spektrum fyzikálních témat (akustika, barometrie, anemometrie, termiky a jaderné fyziky). Každý experiment byl podrobně popsán: cíl pokusu, teoretické východisko, seznam potřebných pomůcek, postup měření, příklad záznamu, vyhodnocení měření, diskuze a závěr, a navíc možné otázky, na které se učitel může zeptat. Tyto části mohou učitelům pomoci při správném zadání, realizaci a vyhodnocení průběhu pokusu.

V experimentální části práce byla provedena pilotáž navržených školních pokusů před odbornou veřejností (učitelé fyziky a studenti navazujícího studia učitelství fyziky). Pilotáž mezi učiteli fyziky proběhla ve dvou setkáních na Gymnáziu ve Strakoniciích. Přítomným učitelům byly předvedeny všechny pokusy, přičemž ke každému dostali sadu otázek a na konci každého pokusu byl daný pokus diskutován. Podobně probíhala i pilotáž pokusů před studenty učitelství fyziky. Tato setkání poskytla užitečné informace o využití pokusů ve výuce a jejich provedení. Šest pokusů bylo většinou považováno za užitečné. Pokus s měřením rychlosti větru zhruba polovina dotázaných považovala za zbytečný a nevyhovující.

Pokusy byly ověřeny mezi žáky základních škol a nižšího stupně gymnázia. Ověření proběhlo na Základní škole L. Kuby v Českých Budějovicích, Základní škole T. G. Masaryka ve Vimperku a na Gymnáziu v Českém Krumlově. Po provedení každého pokusu obdrželi žáci seznam doplňujících otázek, které měly ověřit pochopení pokusu žáky. U všech pokusů většina žáků z každé třídy odpovídala správně.

Na základě ověření je možné tvrdit, že všechny navržené pokusy mohou najít své místo a uplatnění ve výuce fyziky, protože při jejich ověřování většina žáků u každého pokusu po zodpovězení otázek odpověděla správně. Správnost a využitelnost pokusů byla potvrzena i na setkání s učiteli a studenty učitelství, kteří považovali všechny pokusy za kvalitní, pouze u jednoho z nich polovina dotázaných pochybovala o jeho smyslu.

Seznam zdrojů

- [1] SVOBODA, Emanuel a KOLÁŘOVÁ, Růžena. *Didaktika fyziky základní a střední školy: vybrané kapitoly*. 1.vydání. Praha: Karolinum, 2006. ISBN 80-246-1181-3.
- [2] KAŠPAR, Emil. *Didaktika fyziky: obecné otázky*. 1. vydání. Státní pedagogické nakladatelství, 1978. ISBN není uvedeno.
- [3] SLAVÍČEK, Pavel a KELAR, Jakub. *Vakuová fyzika 1*. 1. vydání. Brno: Masarykova univerzita, 2016. ISBN 978-80-210-8473-5.
- [4] ERBEN, Milan. *Vakuová technika: Získávání a měření vakua, využití vakuových technologií*. učební text. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2008.
- [5] CONATEX-DIDACTIC UČEBNÍ POMŮCKY, S.R.O. *Lopatková vakuová vývěva / Kapaliny a plyny, vakuová čerpadla*. online. In: CONATEX-DIDACTIC UČEBNÍ POMŮCKY, S.R.O. <https://www.conatex.cz/>. 2023. Dostupné z: https://www.conatex.cz/catalog/fyzika/mechanika/kapaliny_a_plyny_vakuova_cerpadla/product-lopatkova_vakuova_vyveva/sku-2030042. [cit. 2023-10-21].
- [6] VERNIER CZ. *Kuchařka jednoduchých experimentů do hodin chemie, fyziky a biologie*. online. In: VERNIER CZ. Vernier CZ - Vybavení pro výuku přírodovědných oborů. 2023, 2023. Dostupné z: <https://www.vernier.cz/experimenty/kucharka/index.php>. [cit. 2023-10-21].
- [7] PROFIMEDIA S.R.O. *Experimentujeme*. online. 2023. Dostupné z: <https://experimentujeme.cz/>. [cit. 2023-10-21].
- [8] MATEMATICKO-FYZIKÁLNÍ FAKULTA UK. *Experimenty*. online. In: MATEMATICKO-FYZIKÁLNÍ FAKULTA UK. Školní experimentální systém ISES. 2014, 2019. Dostupné z: <https://www.ises.info/old-site/index.php?f=exper>. [cit. 2023-10-21].
- [9] HŮLOVÁ, Hana. Další pokusy s vývěvou. online. In: *Youtube*. 2005, 2023. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=gwAMIBCcjQ>. [cit. 2023-10-21].
- [10] HŮLOVÁ, Hana. Pokusy s vývěvou. online. In: *Youtube*. 2005, 2023. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=l6575_coKGU. [cit. 2023-10-21].
- [11] FYZIKÁLNÍ POKUSY ZE SSPŠ, . Pokusy s vývěvou podle Samuela Rendla. online. In: *Youtube*. 2005, 2023. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=_23t3YSPHmK. [cit. 2023-10-21].
- [12] DUMY.CZ, . Pokusy s vývěvou. online. In: *Youtube*. 2005, 2023. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=Ij0T1ESMarU>. [cit. 2023-10-21].
- [13] LÁTAL, František. *Školní pokusy*. studijní modul. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2012.
- [14] KOLÁŘOVÁ, Růžena a BOHUNĚK, Jiří. *Fyzika pro 7. ročník základní školy*. 3. vydání. Praha: Prometheus, 2021. ISBN 978-80-7196-497-1.

- [15] KOLÁŘOVÁ, Růžena a BOHUNĚK, Jiří. *Fyzika pro 8. ročník základní školy*. 2. vydání. Učebnice pro základní školy (Prometheus). Praha: Prometheus, 2021. ISBN 978-80-7196-498-8.
- [16] TESAŘ, Jiří a JÁCHIM, František. *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.
- [17] TESAŘ, Jiří a JÁCHIM, František. *Fyzika 6 pro základní školu: zvukové jevy, vesmír*. 1. vydání. Praha: SPN - pedagogické nakladatelství, 2011-2012. ISBN 978-80-7235-492-4.
- [18] RAUNER, Karel. *Fyzika pro 6. ročník základní školy a primu víceletého gymnázia*. 1. vydání. Praha: Fraus, 2004. ISBN 80-723-8210-1.
- [19] RAUNER, Karel. *Fyzika 7: pro základní školy a víceletá gymnázia*. 1. vydání. Plzeň: Fraus, 2005. ISBN 80-723-8431-7.
- [20] RAUNER, Karel. *Fyzika 8: pro základní školy a víceletá gymnázia*. 1. vydání. Plzeň: Fraus, 2006. ISBN 80-723-8525-9.
- [21] RAUNER, Karel; HAVEL, Václav a RANDA, Miroslav. *Fyzika 9: pro základní školy a víceletá gymnázia*. 2., aktualiz. vyd. Plzeň: Fraus, 2013. ISBN 978-80-7238-996-4.
- [22] BEDNAŘÍK, Milan a ŠIROKÁ, Miroslava. *Fyzika pro gymnázia: mechanika*. 3., přeprac. vyd. Praha: Prometheus, 2000. ISBN 80-719-6176-0.
- [23] LEPIL, Oldřich. *Fyzika pro gymnázia*. 1. vydání. Učebnice pro střední školy (Prometheus). Praha: Prometheus, 1994. ISBN 80-901-6196-0.
- [24] MŠMT ČR. *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. online. 3. vydání. Praha: MŠMT ČR, 2021. Dostupné z: <https://www.npi.cz/ramcove-vzdelavaci-programy-zakladni-vzdelavani>. [cit. 2023-10-22].
- [25] *Rámcový vzdělávací program pro gymnaziální vzdělávání*. online. 1. vydání. Praha: MŠMT ČR, 2007. Dostupné z: <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcove-vzdelavaci-programy-pro-gymnazia-rvp-g/>. [cit. 2023-10-22].
- [26] NEČAS, Jakub. *Tvorba nových úloh pro školní měřicí systémy*. online, Bakalářská, vedoucí Mgr. Jaromír Literák, Ph.D. Brno: Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Ústav chemie, 2023. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/ikiq2/BP_2023_Jakub_Necas.pdf. [cit. 2023-08-25].
- [27] *Vernier.com*. online. USA: Vernier, 2023. Dostupné z: vernier.com. [cit. 2023-08-25].
- [28] *Vernier.cz*. online. ČR: Vernier, 2023. Dostupné z: vernier.cz. [cit. 2023-08-25].
- [29] KOS, Jiří. *Využití moderních technologií ve výuce fyziky na SŠ*. online, Diplomová, vedoucí RNDr. Michaela Křížová, Ph.D. Hradec Králové: Univerzita Hradec Králové, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyziky, 2022. Dostupné z:

- <https://theses.cz/id/z68et0/STAG97805.pdf?zpet=%2Fvyhledavani%2F%3Fsearch%3Dvernier%20fyzika%26start%3D1>. [cit. 2023-08-25].
- [30] *Rychlé experimenty s Vernierem*. online. In: Katedra didaktiky fyziky MFF UK. 2023. Dostupné z: https://kdf.mff.cuni.cz/lide/jermar/plzen_2011_jermar.htm. [cit. 2023-10-14].
- [31] HALLIDAY, David; RESNICK, Robert a WALKER, Jearl. *Fyzika*. 2. přeprac. vydání. Brno: VUTIUM, 2013. ISBN 978-80-214-4123-1.
- [32] WIKIMEDIA FOUNDATION, INC. *Wind - Wikipedia*. online. In: WIKIMEDIA FOUNDATION, INC. Wikipedia. 2001, 2024. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Wind>. [cit. 2024-02-15].
- [33] VYSOUDIL, Miroslav. *Základy fyzické geografie 1: Meteorologie a klimatologie*. 1. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2013. ISBN 978-80-244-3892-4.
- [34] Go Direct weather sensor. online. In: *Fisher scientific*. 1995, 2024. Dostupné z: <https://www.fishersci.com/shop/products/go-direct-weather-sensor-only/S1724326>. [cit. 2024-02-15].
- [35] ALZA.CZ. *Noctua NF-A6x25 5V*. online. In: ALZA.CZ. Alza.cz. 2015, 2024. Dostupné z: <https://www.alza.cz/noctua-nf-a6x25-5v-d5443141.htm>. [cit. 2024-02-26].
- [36] ALZA.CZ. *Patka PVC na dřevěné štafle*. online. In: ALZA.CZ. Alza.cz. 2015, 2024. Dostupné z: <https://www.alza.cz/hobby/patka-pvc-na-drevene-stafle-velka-9-12-prickovych-d6950090.htm>. [cit. 2024-02-26].
- [37] BÖHM, Pavel. *Dotaz k senzoru GDX-WTHR* [elektronická pošta]. Message to: boh@edufor.cz [cit. 2024-02-27]
- [38] KOŠŤÁL, Jan. *Dron*. Diplomová. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2015.
- [39] JUNGSMANN, Radek. *Návrh vrtule pro letoun s elektrickým pohonem*. Bakalářská. Praha: ČVUT, 2018.
- [40] EVANS, Julien. *Jak létají dopravní letadla*. 1. vydání. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-3933-5.
- [41] BEDNÁR, Kryštof. *Návrh a výpočet vrtule pro distribuovaný pohon*. Bakalářská. Praha: ČVUT, 2019.
- [42] PAĎOUK, Jan. *Experimentální ověření aerodynamických parametrů leteckých vrtulí*. Bakalářská. Praha: ČVUT, 2021.
- [43] MFF UK. *4.2 Rovnováha tekutin*. online. In: MFF UK. Fyzikální sekce MFF. 2024. Dostupné z: https://physics.mff.cuni.cz/kfpp/skripta/kurz_fyziky_pro_DS/display.php/kontinuum/4_2. [cit. 2024-02-25].
- [44] Současné trendy tréninku ve vyšší nadmořské výšce. *Česká kinantropologie*. 2009, roč. 132, č. 38-53, s. 15.

- [45] KOMÍNEK, Tomáš. *Manévrovatelnost vrtulníků a jejich navigace na trasách IFR*. Bakalářská. Praha: ČVUT, 2016.
- [46] TREJTAR, Jan. *Využití vzdušných sil Armády České republiky v míru*. Bakalářská. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2022.
- [47] ALZA.CZ. *JJRC H36 mini 4CH 6osý RC dron černý*. online. In: ALZA.CZ. Alza.cz. 2015, 2024. Dostupné z: <https://m.alza.cz/EN/jjrc-h36-mini-4ch-6osy-rc-dron-cerny-levne-d8616587.htm>. [cit. 2024-02-26].
- [48] PRUSA RESEARCH A.S. *Stoleček do vývěvy pod dron od autora Vojtěch Míka*. online. In: PRUSA RESEARCH A.S. Printables. 2012, 2024. Dostupné z: <https://www.printables.com/cs/model/782795-stolecek-do-vyvevy-pod-dron>. [cit. 2024-02-26].
- [49] *W-3A Sokol*. online. In: Ministerstvo obrany a Armáda České republiky. 2024, 2024. Dostupné z: <https://acr.army.cz/technika-a-vyzbroj/letecka/w-3a-sokol-89945/>. [cit. 2024-02-26].
- [50] *Mi-171Š*. online. In: Ministerstvo obrany a Armáda České republiky. 2024, 2024. Dostupné z: <https://lznamest.army.cz/letecka-technika/mi-171s>. [cit. 2024-02-26].
- [51] ROTHBAUER, Tomáš, učitel fyziky [ústní sdělení]. České Budějovice, 26.2.2024.
- [52] SVOBODA, Emanuel a BARTUŠKA, Karel. *Fyzika pro gymnázia*. 7. vydání. Praha: Prometheus, 2020. ISBN 978-80-7196-484-1.
- [53] POKORNÝ, Ing. Marek. *Sálaní tepla - Radiace*. online. 1. vydání. 2006.
- [54] EUROBYT CB. *Koule železná hladká plná*. online. In: EUROBYT CB. Eurobyt CB: garážová a stínící technika. 2017, 2024. Dostupné z: <https://www.eurobyt-cb.cz/obchod/koule-zelezna-hladka-plna>. [cit. 2024-02-26].
- [55] ŠVEC, Jiří. *Radioaktivita a ionizující záření*. 1. vydání. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě, 2005. ISBN 80-86634-62-0.
- [56] *Radioaktivita (5 experimentů)*. online. In: ISES - Internet School Experimental System. 2008, 2018. Dostupné z: <https://www.ises.info/index.php/cs/laboratory/experiment/radioactivity/introduction>. [cit. 2024-03-02].
- [57] *MX-10 - digitální částicová kamera, detektor záření*. online. 2014, 2023. Dostupné z: <http://www.particlecamera.com/index.php/cs/>. [cit. 2024-03-03].
- [58] ŽILAVÝ, Peter. *Souprava_GamaBETA_2007*. online. In: Katedra didaktiky fyziky MFF UK. 2000, 2024. Dostupné z: https://kdf.mff.cuni.cz/~zilavy/clanky/Souprava_GAMAbeta_2007. [cit. 2024-03-03].
- [59] NEZVALOVÁ, Danuše. Akční výzkum ve škole. *Pedagogika*. 2003, roč. , č. 3, s. 9.
- [60] PAVELKOVÁ, Adéla. *Akční výzkum v pedagogickém prostředí*. diplomová. Brno: Masarykova univerzita, Filozofická fakulta, 2012.

- [61] HOLCOVÁ, Martina; TRÁVNÍČEK, Jan a VORLÍČEK, Jiří. *Akční výzkum*. online. 1. vydání. Brno: Masarykova univerzita, 2019. ISBN 978-80-88212-22-5. Dostupné z: https://www.lipka.cz/soubory/av_zaverecna-zprava_final--f11642.pdf. [cit. 2024-03-07].

Přílohy

Příloha 1: Dotazník pro učitele a studenty učitelství fyziky

Měření hladiny intenzity zvuku v závislosti na atmosférickém tlaku.	Měření a porovnání tlaku v různých typech vývěv.
1. Považujete návod pokusu za dostačující k přípravě a provedení pokusu? a) <input checked="" type="checkbox"/> Ano. b) <input type="checkbox"/> Ne. V případě, že ne, co byste změnil/a, vynechal/a nebo doplnil/a?	1. Považujete návod pokusu za dostačující k přípravě a provedení pokusu? a) <input checked="" type="checkbox"/> Ano. b) <input type="checkbox"/> Ne. V případě, že ne, co byste změnil/a, vynechal/a nebo doplnil/a?
2. Je pokus a jeho provedení srozumitelné? a) <input checked="" type="checkbox"/> Ano. b) <input type="checkbox"/> Ne.	2. Je pokus a jeho provedení srozumitelné? a) <input checked="" type="checkbox"/> Ano. b) <input type="checkbox"/> Ne.
3. Přejde Vám pokus vhodný k zařazení do výuky? a) <input checked="" type="checkbox"/> Ano. b) <input type="checkbox"/> Ne.	3. Přejde Vám pokus vhodný k zařazení do výuky? a) <input checked="" type="checkbox"/> Ano. b) <input type="checkbox"/> Ne.
4. V případě, že Vám pokus nepřijde vhodný k zařazení do výuky, napište prosím, z jakého důvodu.	4. V případě, že Vám pokus nepřijde vhodný k zařazení do výuky, napište prosím, z jakého důvodu.
5. Myslíte si, že pokus splňuje vytyčený cíl? a) <input checked="" type="checkbox"/> Ano. b) <input type="checkbox"/> Ne.	5. Myslíte si, že pokus splňuje vytyčený cíl? a) <input checked="" type="checkbox"/> Ano. b) <input type="checkbox"/> Ne.
6. Přejde Vám provedení pokusu dostatečně názorné a pro žáky viditelné? a) <input checked="" type="checkbox"/> Ano. b) <input type="checkbox"/> Ne.	6. Přejde Vám provedení pokusu dostatečně názorné a pro žáky viditelné? a) <input checked="" type="checkbox"/> Ano. b) <input type="checkbox"/> Ne.
7. Považujete pokus za základní nebo za rozšiřující? a) <input checked="" type="checkbox"/> základní. b) <input type="checkbox"/> rozšiřující.	7. Považujete pokus za základní nebo za rozšiřující? a) <input checked="" type="checkbox"/> základní. b) <input type="checkbox"/> rozšiřující.
Prostor pro další připomínky:	Prostor pro další připomínky: <i>Funguje to jako reklama na dohled vývěh. Přidala bych dom. úkol - k čemu je dobrá vakuum + kinodynam.</i>

Příloha 2: Dotazník pro žáky

Měření pohlcování alfa, beta a gama záření ve vakuu

1. Měření počtu záchytů alfa záření bylo závislé na množství vyčerpaného vzduchu?

- a. Ano.
 b. Ne.

2. Měření počtu záchytů beta záření bylo závislé na množství vyčerpaného vzduchu?

- a. Ano.
 b. Ne.

3. Měření počtu záchytů gama záření bylo závislé na množství vyčerpaného vzduchu?

- a. Ano.
 b. Ne.

4. Jak by se změnil počet zachycených alfa částic, kdybychom ho dali dál od detektoru radiace? Svou odpověď se pokus zdůvodnit.

zmenší se počet částic, protože je mezi zdrojem α a čítkem větší vzdušná bariéra