



**MATEMATICKO-FYZIKÁLNÍ
FAKULTA**
Univerzita Karlova

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Tereza Fürstová

Různé úrovně badatelské výuky ve fyzikálních experimentech

Katedra didaktiky fyziky

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Petr Kácovský, Ph.D.

Studijní program: Fyzika

Studijní obor: Učitelství fyziky – Učitelství matematiky

Praha 2020

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu RNDr. Petru Kácovskému, Ph. D. za spoustu času, který mi při tvorbě této práce věnoval. Jeho skvělý přístup a vedení mi pomohly rozvinout všechny nápady a dovést je do zdárného konce. Ať už pomohl svými myšlenkami nebo trefnými postřehy, bez jeho vedení bych tápala v temnotách mnohem déle.

Poděkování patří také mé rodině za podporu a trpělivost během celého studia a Pět'ovi za jeho optimismus.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů, literatury a dalších odborných zdrojů.

Beru na vědomí, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorského zákona v platném znění, zejména skutečnost, že Univerzita Karlova má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

V dne.....

podpis

Název práce: Různé úrovně badatelské výuky ve fyzikálních experimentech

Autor: Bc. Tereza Fürstová

Katedra: Katedra didaktiky fyziky

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Petr Kácovský, Ph.D., Katedra didaktiky fyziky

Abstrakt: Tato práce se zabývá čtyřmi úrovněmi badatelské výuky.

V první kapitole je uvedena charakteristika badatelské výuky a stručná rešerše studií zabývajících se efektivitou badatelské výuky.

V rámci této práce byly vytvořeny pracovní listy se zadáním experimentů s kyvadlem a hydrostatickým tlakem na čtyřech úrovních badatelské výuky. Byl také vytvořen dotazník, na jehož základě byli studenti rozděleni do čtyř skupin a dotazník, který zjišťuje, jestli studenti rozumí jevům, se kterými experimentovali.

Hlavní část se zabývá činnostmi studentů při práci s vytvořenými pracovními listy. Studenti prvního ročníku SŠ experimentovali podle pracovních listů a byli u toho natáčeni na videokamery. Následně byly vytvořeny kódy popisující jednotlivé činnosti studentů, které jsme použili k videostudii práce těchto studentů. Získali jsme tak informace o činnostech studentů během experimentování na různých úrovních badatelské výuky.

Klíčová slova: badatelská výuka, experimentování studentů, videostudie, skupinová práce.

Title: Different levels of inquiry in physics experiments

Author: Bc. Tereza Fürstová

Department: Department of Physics Education

Supervisor: RNDr. Petr Káčovský, Ph.D., Department of Physics Education

Abstract: The thesis is focused on four levels of the Inquiry-Based Science Education (IBSE). The first chapter describes IBSE in detail and also highlights the studies focused on the efficiency of IBSE.

Pendulum and hydrostatic pressure experiments worksheets were created on the four levels of IBSE. A questionnaire reflecting some aspects of students' personalities were created and students were split into groups according to their answers. Another questionnaire about experiments and understanding of the physical phenomena was created.

The central theme of this thesis focuses on the students' activities while they were working on the created worksheets. First year students from high school experimented following the created worksheets and they were recorded on the video during their work. We used codes to describe and differentiate the activities in the videos and we studied their distribution afterwards. From the recordings we then obtained information about the students' activities during experimentation at different levels of IBSE.

Keywords: inquiry, IBSE, student experiments, videostudy, group work.

Obsah

Úvod	1
Cíle a struktura diplomové práce.....	1
1. Badatelská výuka.....	3
1.1. Badatelsky orientovaná výuka	3
1.1.1. Čtyři úrovně badatelské výuky	4
1.1.2. Realizace BOV	5
1.1.3. Různé názory na BOV	6
2. Vytvořené aktivity k badatelské výuce.....	10
2.1. Výběr témat.....	10
2.2. Tvorba pracovních listů.....	11
2.2.1. Charakteristické rysy prac. listů pro jednotlivé úrovně bádání	11
2.2.2. Testování PL	12
3. Schéma výzkumu	13
3.1. Účastníci výzkumu a jejich rozdělení do skupin.....	15
3.1.1. Otázky v dotazníku	16
3.1.2. Rozdělování studentů do skupin.....	18
3.2. Provedení experimentálních aktivit a jejich natáčení	19
3.3. Dotazníky po experimentování	20
3.4. Videostudie	21
3.4.1. Tvorba kódů.....	21
3.4.2. Kódy a jejich charakteristika	24
3.5. Zpracování výsledků videostudie.....	27
4. Výsledky výzkumu.....	28
4.1. Kyvadlo	29
4.1.1. Kyvadlo – potvrzující úroveň	29
4.1.2. Kyvadlo – strukturovaná úroveň.....	32
4.1.3. Kyvadlo – nasměřovaná úroveň	35
4.1.4. Kyvadlo – otevřená úroveň.....	38
4.2. Hydrostatický tlak	42
4.2.1. Hydrostatický tlak – potvrzující úroveň	42
4.2.2. Hydrostatický tlak – strukturovaná úroveň.....	45

4.2.3.	Hydrostatický tlak – nasměrovaná úroveň.....	48
4.2.4.	Hydrostatický tlak – otevřená úroveň.....	51
5.	Shrnutí výsledků.....	54
5.1.	Data z videostudie	54
5.1.1.	Nejčastější činnosti při experimentování	55
5.1.2.	Vliv úrovně zadání na strukturu činností.....	56
5.1.3.	Pozdější začátek práce s pomůckami.....	57
5.1.4.	Pomůcky mají vliv na zajímavost měření.....	57
5.2.	Komentáře studentů	58
5.2.1.	Kyvadlo.....	58
5.2.2.	Hydrostatický tlak.....	59
5.3.	Doporučení k BOV na základě svých zkušeností.....	60
5.3.1.	Je důležité, na co se ptáme studentů	60
5.3.2.	Je dobré si rozmyslet, do jaké míry chceme studentům radit.....	61
5.3.3.	Zajímavější zadání	62
5.3.4.	Závěrečná reflexe.....	62
	Závěr.....	63
	Seznam použité literatury	65
	Přílohy	67
	Příloha č. 1: Pracovní listy	67
	Příloha č. 2: Dotazník před experimentováním.....	100
	Příloha č. 3: Dotazník po experimentování	101
	Příloha č. 4: Oskenované ukázky dotazníků a pracovních listů.....	104

Úvod

Na střední škole pro mě fyzika znamenala naučení se zpaměti několika vzorců, kterým jsem často nerozuměla a neměla jsem představu, jak vznikly. Při testu jsem do naučených vzorců dosadila čísla z příkladů a po několika dnech jsem je zase zapomněla. Během studia na MFF UK jsem ale zjistila, že fyzika není jen učení se vzorců. Na hodině fyziky studenti mohou vymýšlet různé postupy experimentů, zjišťovat, co všechno spolu souvisí a jakým způsobem a diskutovat své výsledky.

Podle pyramidy učení si studenti zapamatují přibližně 75 % toho, co aktivně dělali, a to je velmi dobrý důvod pro zapojení vlastního experimentování studentů do hodin fyziky. Při tvorbě této práce jsem mj. sledovala skupinku studentů, kteří prováděli experimenty s kyvadlem. Zjistili, že perioda kyvadla nezávisí na jeho hmotnosti. Toto zjištění je nejdříve překvapilo, ale pak si jeden ze studentů vzpomněl, že když se ve škole zabývali volným pádem, jeho rychlost na hmotnosti také nezávisela.

Bylo skvělé sledovat tyto studenty při práci, kdy sami objevovali, na čem některá z fyzikálních veličin závisí a na čem ne. Mohla bych jim sice napsat na tabuli vzorec, který zde platí a bylo by to mnohem rychlejší. Ale dosáhla bych pouze toho, že by se studenti bez přemýšlení učili vzorce stejně tak, jako já před několika lety. Věřím, že díky provádění experimentů a diskotování o jejich výsledcích se studenti mohou naučit myslet, což budou v životě opravdu potřebovat.

Cíle a struktura diplomové práce

Prvním cílem této práce bylo seznámení se s principy badatelské výuky. Základní informace o badatelské výuce společně s rešerší relevantní literatury zabývající se zapojením fyzikálních experimentů do badatelsky orientované výuky jsou sepsány v první kapitole této práce.

Následně jsme společně s vedoucím práce vytypovali experimentální aktivity, které je možné připravit pro SŠ studenty na všech čtyřech úrovních bádání. K těmto aktivitám byla vytvořena zadání. Výběr těchto aktivit i pracovní listy jsou uvedeny ve druhé kapitole.

Dalším cílem byla realizace vytvořených aktivit se středoškolskými studenty. Té se věnuje třetí kapitola.

Posledním a hlavním cílem práce bylo pomocí vhodné výzkumné techniky popsat a porovnat strategii postupu studentů. Práce studentů byla zaznamenána na kamery a podrobena videostudii, jejíž průběh je popsán ve 3. kapitole. Ve 4. kapitole je uvedena získaná charakteristika osmi skupin středoškolských studentů, kteří pracovali podle vytvořených pracovních listů. Poslední kapitola obsahuje výsledky, ke kterým jsme při tvorbě této práce došli.

1. Badatelská výuka

1.1. Badatelsky orientovaná výuka

Badatelsky orientovaná výuka (dále BOV) je způsob výuky inspirovaný bádáním. Cílem BOV je rozvoj znalostí a dovedností studentů na základě jejich samostatného ověřování, zkoumání a objevování poznatků. Studenti by si během BOV měli klást otázky, formulovat hypotézy a vymýšlet postup jejich ověřování, provádět pokusy, vyhodnocovat výsledky a formulovat závěry, ke kterým došli.

Nemůžeme od studentů očekávat, že budou okamžitě schopni navrhnout a provést jejich vlastní výzkum. Většina studentů, nezávisle na jejich věku, potřebuje cvičit a rozvíjet své badatelské schopnosti a trvá nějaký čas, než jsou schopni navrhnout a provést vlastní výzkum. Proto existuje několik úrovní BOV, kterými studenti procházejí, postupně zlepšují své dovednosti a prohlubují vědecké myšlení. V literatuře (Banchi, Bell, 2008; Bunterm a další, 2014; Chang, Mao, 1999) jsou rozlišovány čtyři stupně badatelské výuky. Tyto stupně se liší množstvím informací, které je studentům poskytnuto a také tím, do jaké míry učitel studenty povede a jakou jim nechá volnost při experimentování.

1.1.1. Čtyři úrovně badatelské výuky

V této kapitole uvádím charakteristiku jednotlivých úrovní BOV podle článku „*The many levels of inquiry*“ (Banchi, Bell, 2008).

První úroveň badatelské výuky se nazývá *Potvrzující*. Studentům je položena otázka, mají přesně zadaný postup experimentu a jeho výsledek předem znají. Tato úroveň je vhodná především tehdy, když je cílem učitele připomenout studentům látku, kterou by již měli znát. Může být užitečná také v případě, kdy je cílem, aby studenti získali zkušenosti s experimentováním a naučili se určité dovednosti, například aby dokázali zaznamenat a vyhodnotit naměřená data.

Další úroveň bádání se nazývá *Strukturovaná*. Studentům je opět položena otázka, znají postup provedení experimentu, ale v tomto případě neznají odpověď na zadanou otázku. Jejich úkolem je provést experiment a na základě naměřených dat vyvodit závěr, například objevit vztah mezi veličinami. Studenti by se tak měli naučit provádět měření a zapisovat data, používat různé pomůcky a provádět nejrůznější postupy měření, jejichž znalost se jim bude hodit v následujících úrovních badatelské výuky.

Následuje *Nasměřovaná* úroveň badatelské výuky. Studenti dostanou zadanou otázku a dále už je jen na nich, aby vymysleli postup měření, provedli experiment a získali odpověď na danou otázku. Pro tuto úroveň bádání je potřeba, aby studenti již dříve měli dostatek příležitostí naučit se vymýšlet různé experimenty, sbírat data a pracovat s nimi. Přestože studenti vymýšlí své vlastní pokusy, učitel není pasivní, ale snaží se vést je k tomu, aby jejich výzkum dával smysl.

Poslední je *Otevřená* úroveň badatelské výuky. V tomto případě mají studenti největší volnost ve svých činnostech. Mohou si vyzkoušet, jaké to je, být na chvíli vědci, pokládají si otázky, sami navrhnou a provádějí experimenty a následně hodnotí jejich výsledky a vyvozují z nich závěry. Tato úroveň badatelské výuky vyžaduje ze všech úrovní nejvíce vědeckého myšlení a zapojení studentů. Aby byli studenti při bádání úspěšní, je potřeba, aby již měli nějaké zkušenosti s prvními třemi úrovněmi badatelské výuky. Měli by být schopni navrhnout experiment, zaznamenat a zpracovat naměřené hodnoty.

1.1.2. Realizace BOV

Realizace BOV je pro učitele poměrně náročná a vyžaduje určité kompetence. Schopnost učitelů provádět badatelskou výuku závisí na jejich zkušenostech s bádáním a na tom, jak dokáží přemýšlet o propojení badatelských činností s výukou (Dostál, 2015).

Před tím, než učitel zahrne do výuky nějaký experiment, je nutné, aby jej vyzkoušel a pokusil se odhalit všechna rizika, ke kterým by během provádění experimentu mohlo dojít. Během experimentování je nutné dbát na bezpečnost. Na začátku hodiny je třeba, aby se žáci seznámili s nebezpečnými látkami a materiály, se kterými by ve výuce mohli přijít do styku. Jestliže při experimentu hrozí studentům nějaké nebezpečí, je nutné varovat je, aby jej neprováděli bez dozoru učitele. Je vhodnější začínat jednoduššími experimenty a následně postupovat ke složitějším. Všechny experimenty by měly být dobře didakticky zdůvodněny (Dostál, 2013).

1.1.3. Různé názory na BOV

Názory na efektivitu badatelské výuky přírodovědných předmětů nejsou jednoznačné. Asi jako každý jiný způsob výuky, i badatelská výuka má své výhody i nevýhody.

Následuje rešerše několika výzkumných studií, které se zabývaly porovnáním různých úrovní BOV a jejich efektivitou. Takových studií bylo provedeno velké množství, zde uvádím pouze výčet několika studií, který ilustruje odlišné přístupy a závěry.

Efektivita BOV v laboratorních pracích při výuce fyziologie člověka na základní škole a nižším stupni gymnázia

Výzkum, který byl proveden v České republice (Rokos, Vomáčková, 2017), probíhal při výuce na ZŠ a nižším stupni gymnázia a zabýval se efektivitou badatelsky orientovaných úloh a klasických laboratorních úloh v laboratorních pracích při výuce fyziologie.

Tento výzkum se zabýval otázkami, zda BOV vede k lepšímu osvojení znalostí a dovedností než tradiční výuka, zda je rozdíl v efektivitě BOV mezi studenty vyššího stupně ZŠ a žáků nižšího stupně osmiletého gymnázia a zda BOV vede k lepšímu osvojení dovedností nebo znalostí. Výzkumu se zúčastnilo 61 žáků ve věku 13–15 let. Experimentální skupina pracovala s otevřenou úrovní zadání, kontrolní skupina podle podrobného návodu učitele.

Výsledky studie:

Výzkum ukázal, že způsob výuky měl značný vliv na dovednosti studentů víceletých gymnázií, studenti pracující s badatelskými úlohami prokázali výrazný nárůst dovedností oproti studentům s klasickými zadáním úloh. Na znalosti těchto studentů ale způsob výuky vliv neměl.

U žáků základních škol nebyl pozorován rozdíl v dovednostech ani znalostech v závislosti na typu výuky.

Porovnání řízeného bádání a tradiční výuky přírodovědných předmětů

Na univerzitě v Michiganu byla provedena studie (Cobern, 2010), která zkoumala, zda je pro rozvoj vědeckého pojetí studentů efektivnější badatelský přístup výuky nebo tradiční výuka.

Průzkum probíhal na dobrovolném letním soustředění, trval dva týdny a zúčastnilo se ho 180 žáků 8. tříd a 5 učitelů. Výuka zde měla jistá omezení oproti školní výuce – například zde žáci nebyli hodnoceni známkami a nebylo možné zadávat žákům domácí úkoly. Studie měla za cíl zjistit, zda je pro porozumění vědeckých pojmů efektivnější badatelský přístup nebo tradiční přístup, když jsou oba navrženy experty a dobře provedeny.

Výsledky studie:

Z výsledků studie vyplývá, že nasměřované bádání a tradiční výukové metody vedou ke srovnatelnému porozumění vědeckých pojmů za přibližně stejnou dobu výuky. Rozdíly mezi studenty jednotlivých způsobů výuky nebyly statisticky významné.

Většina učitelů přírodovědných předmětů má pocit, že velmi podstatná přidaná hodnota BOV je v tom, že studenti „dělají“ vědu sami. Tradiční výuka může být pro učitele snadnější nebo časově méně náročná na přípravu, pro slabší studenty může být méně náročná. U tohoto způsobu výuky ale hrozí možnost, že studenti získají pocit, že přírodovědné předměty jsou pouhý soubor znalostí, které je potřeba se naučit.

Porovnání výsledků badatelské a tradiční výuky

Autoři studie (Chang, Mao, 1999) se snažili porovnat efektivitu BOV a tradičních výukových metod. Úspěšnost studentů posuzovali na základě testu a přístupu středoškolských studentů ke studiu.

Studie se zúčastnilo 612 studentů z 16 tříd. Šest učitelů, kteří měli od 3 do 8 let praxe, učilo tyto studenty v 5 státních SŠ na východě Taiwanu. Studie trvala 4 týdny, během nichž byla osmi třídám náhodně přiřazena BOV a osmi třídám tradiční způsob výuky. Během 4 týdnů měly obě skupiny k dispozici stejné materiály a zabývaly se stejnými tématy. Mezi tato témata patřily Země a Slunce, zdánlivý pohyb Slunce a hvězd, rotace Země a její oběh kolem Slunce a roční období.

Výsledky studie:

Po čtyřech týdnech měli výrazně lepší výsledky z posttestu studenti BOV než jejich vrstevníci vyučovaní klasickou metodou. Studenti s BOV získali výrazně více znalostí než druhá skupina.

Výsledky studie demonstrují statisticky významné rozdíly v prospěchu studentů s BOV a jejich přístupu k vědě o Zemi. Tito studenti mnohem více spolupracovali ve třídě a prokázali vyšší sebejistotu v daném předmětu. Mezi skupinami nebyly objeveny žádné rozdíly v tom, jak je učivo zaujalo.

Tato studie ukázala, že skupina studentů s BOV byla lépe podporována v jejich přístupu k přírodním vědám, protože tento způsob výuky dovoluje studentům plánovat si vlastní výzkum, sbírat a interpretovat data, analyzovat výsledky a sdílet své objevy se spolužáky.

Vedou různé úrovně bádání k různým výsledkům učení?

V Thajsku byla provedena studie (Bunterm a další, 2014) zkoumající vliv strukturované a nasměrované badatelské výuky na výsledky studentů 2. stupně ZŠ v předmětu Science. Průzkum byl proveden na třech školách a probíhal tak, že dvěma třídám z každé školy byl náhodně přiřazen strukturovaný nebo nasměrovaný stupeň BOV. Studenti prošli během 4 týdnů 14 nebo 15 hodinami výuky a následně se testovaly jejich znalosti, schopnosti provádět vědeckou práci, byl testován také jejich vědecký přístup a sebezpoznání stresu.

Výsledky studie:

V žádné z vybraných tří škol nebyly zaznamenány rozdíly v závislosti na pohlaví studentů, jejich věku a předchozí známce z předmětu science. Studenti všech škol měli lepší výsledky z posttestu než z pretestu.

V porovnání se strukturovanou BOV prokázali studenti nasměrované BOV lepší znalosti a větší zlepšení schopností provádět vědeckou práci. U obou stupňů BOV došlo ke značnému zlepšení vědeckých dovedností, u studentů nasměrované úrovně byl však zjištěn větší pokrok než u studentů strukturované BOV. Výhoda studentů nasměrované úrovně bádání může být v tom, že tito studenti mají v porovnání se studenty strukturované úrovně více příležitostí zapojit se do vědeckých procesů. Například při vymýšlení postupů výzkumu musí studenti uvažovat o tom, co dělají a musí vymýšlet otázky, kterými se budou zabývat. Tato činnost je velmi podobná tomu, jak pracují skuteční vědci.

2. Vytvořené aktivity k badatelské výuce

2.1. Výběr témat

Jedním z cílů této práce bylo vytipovat experimentální aktivity, které bude možné připravit pro studenty středních škol na všech čtyřech úrovních bádání. Měly to být jednoduché aktivity, se kterými studenti budou moci experimentovat a které ve výuce zatím neprobírali. Nechtěli jsme, aby během experimentování mohli používat fakta získaná zapamatováním z dřívější výuky.

Rozhodli jsme se pro kyvadlo, u kterého studenti mohou snadno měřit periodu v závislosti na jeho vlastnostech. Při práci s kyvadlem studenti používali nejzákladnější pomůcky – stojan, provázek, závaží, metr a stopky.

Druhá aktivita vybraná pro tuto práci byl hydrostatický tlak, který studenti mohou snadno měřit v závislosti na různých fyzikálních veličinách. K měření hydrostatického tlaku studenti kromě jednoduchých pomůcek používali čidlo tlaku s rozhraním systému Vernier.

2.2. Tvorba pracovních listů

Dalším cílem bylo připravit k oběma experimentálním aktivitám pracovní listy ve všech čtyřech úrovních BOV. Jejich grafická úprava byla inspirována pracovními listy, které se běžně využívají v Interaktivní fyzikální laboratoři (IFL) na KDF MFF UK. Nadpisy jednotlivých odstavců byly zasazeny do barevných rámečků, pod otázky byly umístěny bílé rámečky, do nichž studenti mohli zapsat vlastní odpovědi. Do potvrzujícího a strukturovaného zadání s kyvadlem bylo vyfoceno kyvadlo.

2.2.1. Charakteristické rysy prac. listů pro jednotlivé úrovně bádání

Potvrzující

Zadání potvrzující úrovně bádání obsahuje stručnou teorii a vztah, který popisuje daný jev. Následují otázky, kterými se studenti mají zabývat. Odpovědi na tyto otázky lze najít v teorii, úkolem studentů je tedy ověřit, že výše uvedená teorie platí. Ke každé otázce mají studenti popsáný postup experimentování, kterým získají odpověď na danou otázku. K dispozici jsou pomůcky, které budou experimentátoři potřebovat.

Strukturovaná

Ve strukturované úrovni zadání jsem uvedla pouze stručnou teorii popisující zkoumaný fyzikální jev, nejsou zde ale uvedeny žádné vztahy. Dále jsou napsané otázky, na které mají studenti experimentálně najít odpovědi. Následuje podrobně rozepsaný postup experimentů, který má studenty dovést ke správným odpovědím. K dispozici jsou pomůcky, které budou k provedení experimentu potřeba.

Nasměrovaná

Cílem nasměrované úrovně je zjistit, zda zkoumaný jev závisí na daných fyzikálních veličinách. Zadání neobsahuje žádnou teorii, pouze zadané otázky bez postupu měření. Studenti mají za úkol navrhnout a provést experimenty, kterými zjistí, na kterých fyzikálních veličinách závisí a na kterých nezávisí jev, kterým se zabývají.

Otevřená

Na otevřené úrovni bádání je cílem studentů navrhnout, na čem závisí jev, který zkoumají. Toto zadání neobsahuje žádnou teorii, úkolem studentů je navrhnout, na kterých veličinách může jimi zkoumaná veličina záviset a poté experimentálně zjistit, zda na těchto veličinách skutečně závisí. K provedení experimentu dostali studenti bednu plnou různých pomůcek – některé z nich se studentům k experimentování budou hodit, jiné spíše ne. Navíc mohou studenti požádat o jakékoliv jiné pomůcky, které je napadnou.

2.2.2. Testování PL

Vytvořená zadání byla nejdříve otestována v jednom bloku předmětu *Praktické cvičení ve výuce fyziky I (NDFY077)*, který vedli RNDr. Petr Kácovský, Ph. D. a RNDr. Marie Snětinová, Ph. D. Zadání úloh zde testovali studenti 3. ročníku bakalářského studia učitelství M-F, přečetli si zadání a provedli podle něj experimenty. Na základě jejich připomínek byla zadání upravena (šlo o úpravu formulací vět a opravu překlepů) a následně poslána čtyřem učitelům. Konkrétně se jednalo o zkušeného učitele fyziky na ZŠ a tři učitele fyziky na SŠ. Po získání zpětné vazby od těchto učitelů jsem upravila formulace některých vět v PL a do zadání hydrostatického tlaku na strukturovaném stupni jsem přidala za úkol tvorbu grafu závislosti tlaku na hloubce. Dva z učitelů mi také navrhli přidat do zadání kyvadla na strukturovaném stupni za úkol tvorbu grafu závislosti periody na délce kyvadla. Tento úkol by ale byl časově dost náročný, proto jsem ho mezi úkoly nezařadila. Pracovní listy tak byly upraveny do finální podoby a jsou součástí této práce v příloze č. 1.

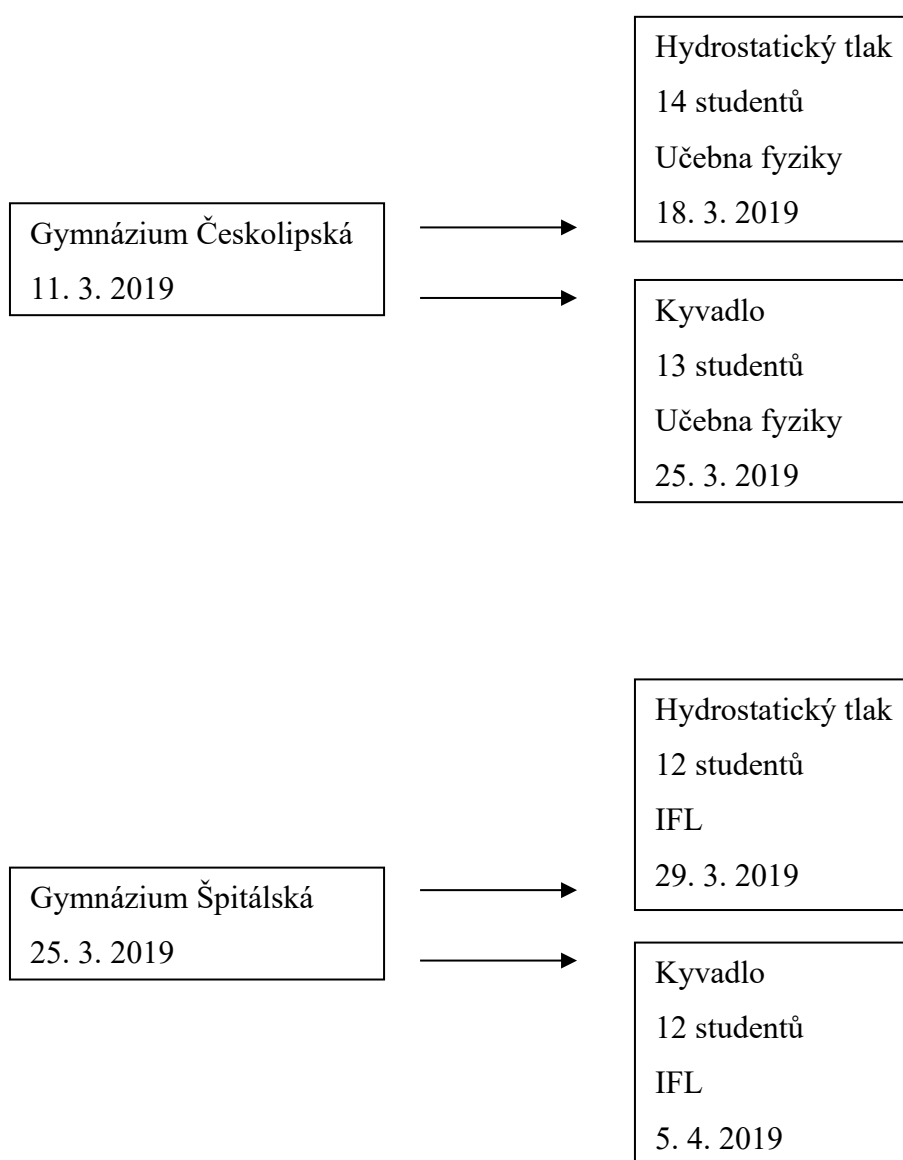
3. Schéma výzkumu

Hlavním úkolem této práce bylo popsat a porovnat postup studentů při práci na různých úrovních BOV. Pro tento účel byl zvolen smíšený výzkumný přístup, konkrétně metoda deskriptivní (popisné) případové studie (Mareš, 2015).

Pro získání dat jsem využila především videostudie a dvojice krátkých dotazníků, jeden z nich studenti vyplnili před experimentováním a druhý po něm. K realizaci experimentů byli vybráni studenti dvou tříd prvního ročníku SŠ ze dvou různých škol, gymnázia Špitálská a gymnázia Českolipská. Práce jednotlivých skupina byla natáčena na videokamery, následně proběhla analýza natočených videí, díky které jsme zjistili, kolik času věnují studenti v průběhu experimentování různým činnostem.

Schéma průběhu výzkumu

V rámečcích nalevo je uvedena škola, na které studenti studují a datum zadání dotazníků před experimentováním. Rámečky napravo uvádějí téma experimentu, počet studentů, místo a datum vlastního experimentování. Ihned po skončení experimentování studenti vyplnili druhé dotazníky, které zjišťovaly, co se studenti naučili.



3.1. Účastníci výzkumu a jejich rozdělení do skupin

Pracovat s nasměřovaným nebo otevřeným zadáním BOV může být pro studenty náročné a zajímalo mě, jak si s tím poradí různí studenti – ti, které fyzika baví a experimentují rádi, ale i ti, které fyzika ani experimentování nezajímá. Proto jsem se rozhodla sestavit pracovní skupinky sama s tím, že učitelé měli možnost některou z vytvořených skupin zamítnout například v případě, že by její členové mezi sebou měli špatné vztahy. Protože jsem ale studenty neznala, vytvořila jsem dotazník, který studenti měli vyplnit před experimentováním, abych je podle odpovědí mohla rozdělit do skupinek. Několik dní předtím, než měli studenti experimentovat, vyplnili tyto dotazníky, které mohly naznačit, jaká úroveň bádání je nejbližší osobnostnímu nastavení studentů.

Výhodou tohoto postupu bylo, že jsme měli dost času na promyšlení, jak skupinky sestavit. Nevýhoda byla v tom, že v hodině, kde studenti vyplňovali dotazníky, mohlo několik žáků chybět. Mohla nastat i opačná situace, že žák, který dotazník vyplnil, pak chyběl při experimentování. Pro nás to však nebyl velký problém, od většiny studentů jsme dotazníky vyplněné měli a mohli jsme tak vytvořit skupinky podle potřeb výzkumu. Snažila jsem se tvořit takové skupinky, o kterých jsem si myslela, že se jim se zadanou úrovní BOV bude pracovat dobře.

3.1.1. Otázky v dotazníku

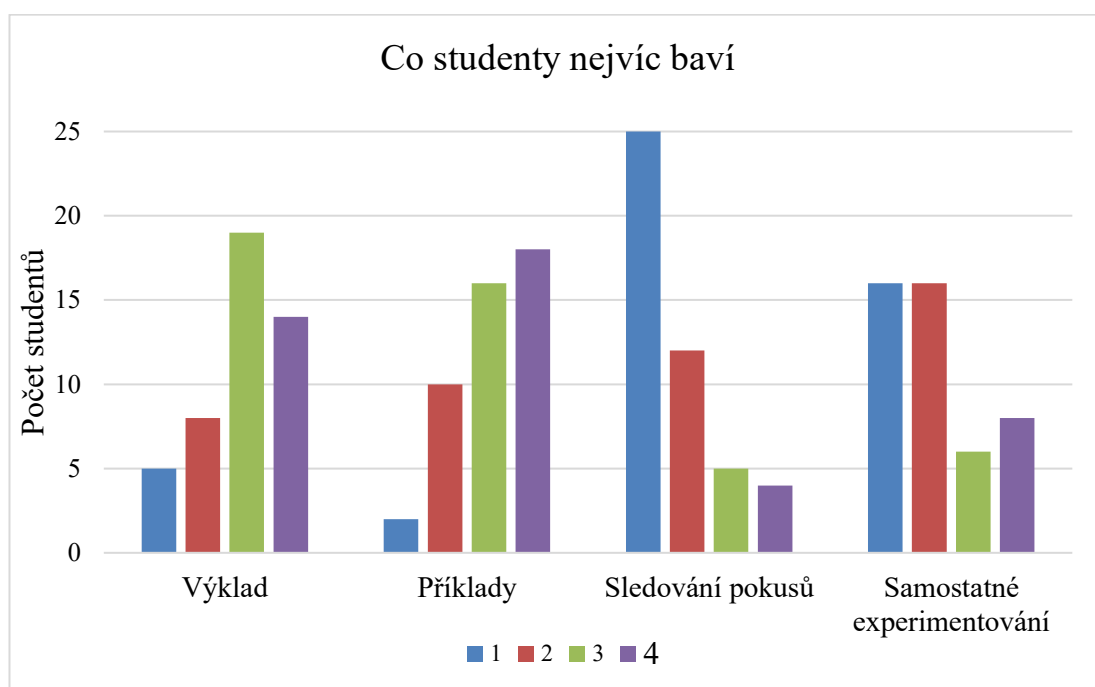
V dotazníku jsem studentům položila několik různých otázek, ptala jsem se například, zda je baví fyzika a matematika, zda mají rádi pořádek nebo si nechají poradit, když neví.

Také jsem je nechala seřadit čtyři aktivity, které mohou probíhat ve vyučovací hodině, podle dvou kritérií: co studenty baví nejvíce a při čem si myslí, že se naučí nejvíce.

Dotazník, který studenti vyplnili před experimentováním, je v příloze č. 2.

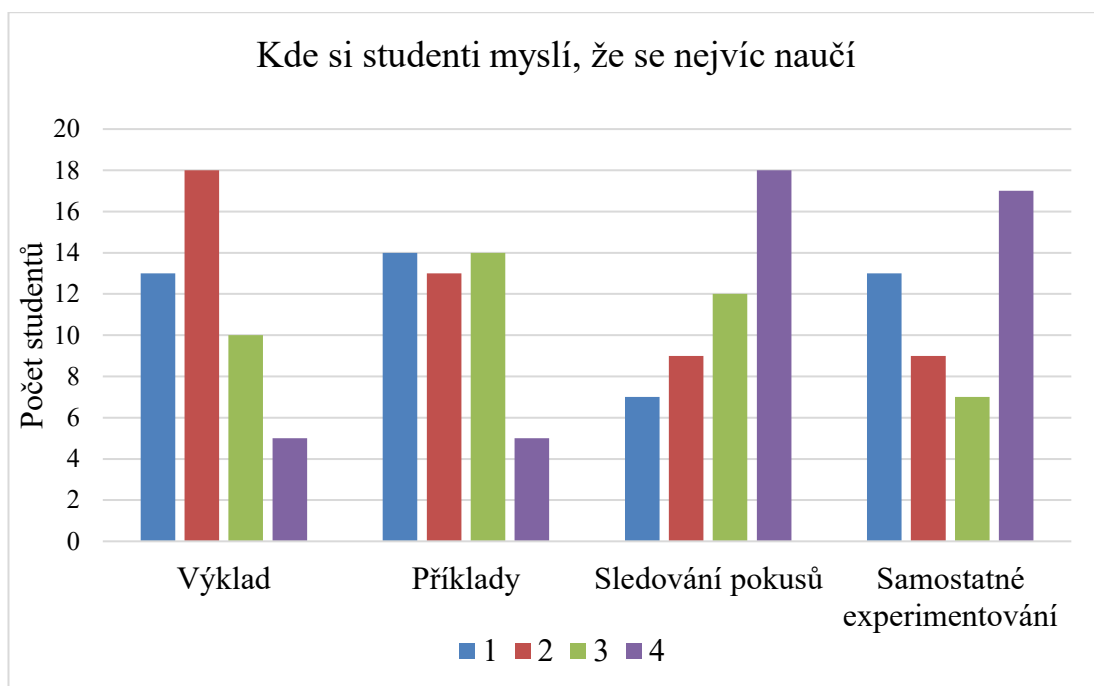
Přestože tato část není pro tvorbu skupinek důležitá, odpovědi studentů mi připadaly zajímavé, a proto jsem ze získaných odpovědí sestavila dva grafy. První zobrazuje, jaké činnosti z nabízených možností baví studenty během výuky nejvíce. Na druhém grafu je vidět, u které činnosti z nabízených možností si studenti myslí, že se naučí nejvíce.

V grafu „Co studenty nejvíce baví“ si můžeme všimnout, že studenty více baví sledování pokusů než jejich samostatné experimentování. Obě tyto činnosti jsou ale u studentů oblíbenější než výklad nebo počítání příkladů.



Graf 1: Co studenty během výuky baví nejvíce ($N = 46$). Každou aktivitu hodnotili čísla od 1 (nejvíce) do 4 (nejméně).

V grafu „Kde si studenti myslí, že se nejvíc naučí“ samostatné experimentování polarizuje, 13 studentů uvedlo, že samostatným experimentováním se naučí nejvíce a 17 studentů má názor, že se tím naučí nejméně. Podle odpovědí si studenti myslí, že se nejvíce naučí výkladem a počítáním příkladů, které je ale baví nejméně.



Graf 2: U čeho si studenti myslí, že se naučí nejvíc ($N = 46$). Každou aktivitu hodnotili čísla od 1 (nejvíce) do 4 (nejméně).

3.1.2. Rozdělování studentů do skupin

Studenti každé třídy byli rozděleni na dvě poloviny, jedna polovina experimentovala s kyvadlem a druhá s hydrostatickým tlakem. Každá polovina třídy byla následně rozdělena do čtyř skupin tak, aby každá skupina mohla pracovat se zadáním na jedné ze čtyř úrovní BOV.

Podle odpovědí jsem zjistila, kteří studenti spíše mají rádi fyziku a kteří ji spíše nemají rádi. Podle oblíbenosti fyziky i dalších odpovědí jsem studenty rozdělila na ty, kterým badatelská výuka spíše bude vyhovovat, a ty, pro které vhodná spíše nebude. Skupinky jsem se pak snažila tvořit tak, aby v nich byli studenti se zájmem o fyziku i ti, které fyzika nebaví. Současně jsem brala ohled na obtížnost různých úrovní BOV, proto jsem k otevřenému bádání nepřirazovala studenty, které fyzika vůbec nebaví nebo studenty, které nebaví samostatně vymýšlet postup a kterým by podle odpovědí tato úroveň nevyhovovala.

3.2. Provedení experimentálních aktivit a jejich natáčení

Před experimentováním bylo potřeba připravit čtyři stanoviště s pomůckami a zadáními tak, aby každé odpovídalo jedné úrovni BOV. Na stanovištích pro první tři úrovně BOV byly pouze pomůcky, které studenti k provedení experimentu potřebovali. Na stanoviště s otevřenou úrovní byla umístěna krabice se spoustou pomůcek, z nichž některé studenti k provedení experimentu nepotřebovali. Uvnitř byly špejle, plastová brčka, zápalky, svíčka, vodiče, žárovka, plochá baterie, multimetr, drátek, provázek, závaží s háčkem, rozhraní labquest s barometrem a další předměty.

Dále bylo potřeba nachystat kamery a umístit je v učebně tak, aby byl snímáný obraz dobře osvětlený a zároveň aby kamera mířila pouze na jednu skupinku a nahrávala tak zvuk pouze od ní (Najvar, Najvarová, 2011).

Jako první prováděli studenti gymnázia Českolipská experiment s hydrostatickým tlakem. Přítomni byli celkem tři učitelé, jeden z nich byl jejich učitel fyziky. O týden později experimentovala druhá polovina gymnázia Českolipská s kyvadlem, zde byli přítomen jejich fyzikář a jeden další učitel. Poté proběhlo experimentování studentů Špitálská v IFL, poprvé se třemi a podruhé se dvěma učiteli, v obou případech byl přítomen jejich učitel fyziky.

3.3. Dotazníky po experimentování

Zajímalo nás, jak se studentům pracuje s jednotlivými zadáními a zda se během experimentování něco naučili. Byl proto vytvořen další dotazník, který byl tvořen dvěma částmi. První část, která je stejná pro kyvadlo i hydrostatický tlak, zjišťovala, zda bylo zadání pro studenty srozumitelné a kde nastal nějaký problém. Druhá část je pro experiment s kyvadlem i hydrostatickým tlakem odlišná. Obsahuje čtyři fyzikální otázky týkající se tématu, na které studenti prováděli experimenty.

Tento dotazník jsme studentům rozdali ihned po skončení aktivity. Po vyplňování dotazníku ještě následoval rozhovor každé skupinky s jedním z učitelů o tom, co se jim na experimentování líbilo a nelíbilo, co pro ně bylo těžké a zda jim tento styl výuky vyhovoval. (Některé odpovědi studentů z dotazníku i z rozhovoru jsou uvedeny v kapitole 5.1.) Dotazník je v příloze č. 3 této práce.

3.4. Videostudie

Když obě třídy provedly experiment s kyvadlem i hydrostatickým tlakem, bylo potřeba získat data z nahraných videí. Pro práci s videem jsme používali program Solomon Coder, pomocí něhož můžeme okódotovat činnosti probíhající ve videu. Kódy, které jsme používali, jsou uvedeny v kapitole 3.4.2. Trvání těchto činností pak lze exportovat do excelu. Celkem bylo natočeno přes 18 hodin videa, okódotována nakonec byla polovina videí (čtyři úrovně pro experimenty s kyvadlem a čtyři pro experimenty s hydrostatickým tlakem).

3.4.1. Tvorba kódů

Při vytváření kódů jsme se inspirovali dvěma analytickými metodami, které byly vyvinuty ke zkoumání výuky. První z nich je metoda Roberta F. Bales (Bales, 1950), která se zabývá interakcemi mezi členy v malých skupinách a popisuje chování jednotlivců. Druhou metodou je FIAS (Flandersův systém interakční analýzy), jenž se zabývá tím, jak učitel řídí výuku a sleduje interakci mezi učitelem a studenty (Svatoň, 2013).

Tyto metody pro naše účely nebyly příliš vhodné, protože cílem této práce není zkoumat interakce mezi studenty ani chování učitele, poskytly nám ale inspiraci.

Další inspirací byla kniha „*How to run a videostudy*“ (Tesch, 2005), jejíž jedna kapitola je kódovací příručka popisující analýzu videa s hodinou fyziky. Video je podle autorů knihy rozděleno na deseti sekundové úseky a následně analyzováno. Během analýzy se autoři nevěnují pouze samotnému experimentování, ale i představení aktivity a závěrečné diskusi a fázi experimentu v analýze zaznamenávají. Také zaznamenávají činnosti studentů při aktivitě, úroveň otevřenosti zadání, charakter aktivity – například zda je kvalitativní či kvantitativní, zda experiment provádí učitel nebo žáci či jestli se jedná o jeden nebo více experimentů.

Naším cílem bylo zjistit, kolik času stráví skupiny pracující podle našich zadání různými činnostmi. Vytvořili jsme proto vlastní kódy, které popisovaly dění ve skupinách během bádání.

První verze obsahovala následující kódy:

Pomůcky

Čtení PL (pracovního listu)

Zápis do PL

Související komunikace

Nesouvisející komunikace

Učitel

Čekání

Nesouvisející.

Kódováním prvního videa jsme otestovali, zda pro nás tyto kódy budou vhodné. Usoudili jsme, že bude vhodnější dva kódy, „*Nesouvisející*“ a „*Nesouvisející komunikace*“, sloučit do jednoho kódu označeného „*Nesouvisející*“. Vyřadili jsme kód „*Čekání*“, protože k tomu během experimentování nedocházelo příliš často a situace, ve kterých studenti čekali, jsme se rozhodli nechávat neoznačené. Během kódování se ukázalo, že na videu často probíhá více činností současně. Naše kódy ale povolovaly označit určitou část videa pouze jedním kódem. K dosavadním šesti kódům jsme tedy přidali několik jejich kombinací, které se ve videu vyskytovaly, nebo jsme očekávali, že by se mohly vyskytovat v některém z dalších videí. Vzniklo tak 17 kódů, které jsme dále používali k označování dějů ve videích. Všechny kódy jsme charakterizovali činnostmi, které ve videu při označení tímto kódem probíhají a které neprobíhají. Neprobíhající činnosti nezahrnují všechny aktivity, které neprobíhají. Tyto činnosti jsou u kódů uvedeny z toho důvodu, že z kódu vyčleňují skupinu jevů, která by ke kódu zdánlivě mohla patřit.

Následně jsme já i vedoucí této práce opět okódovali první video. Měli jsme tak oba určenou dobu, kterou studenti v průběhu tohoto videa strávili jednotlivými činnostmi. Ukázalo se, že se většinou lišíme jen o několik procent. Nejvíce jsme se lišili v kódech „*Čtení pracovního listu*“ a „*Pomůcky*“. Tento rozdíl vznikl subjektivním vnímáním každého z nás. Ujasnili jsme si tedy, které konkrétní činnosti pod tyto kódy patří a upřesnili charakteristiku kódů. Následně jsme oba znovu

okódovali stejné video a nyní už jsme se shodovali lépe (rozdíly byly do 5 %). Vznikla tak verze kódů, které jsem použila k okódování většiny videí.

Drobný problém s kódy nastal u skupiny experimentující s hydrostatickým tlakem na úrovni nasměrovaného bádání. Studenti nejdříve napsali vlastní postup experimentování a v průběhu celé hodiny tento postup četli. Tuto činnost ale nebylo možné označit žádným z existujících kódů, přidali jsme tedy další kód „*Čtení vlastního návodu*“ a jednu jeho kombinaci „*Čtení vlastního textu a související komunikace*“. Tyto dva kódy byly použity pouze u výše uvedené skupiny.

3.4.2. Kódy a jejich charakteristika

V této kapitole je uveden seznam kódů i s označením písmenky, která jsem používala pro označení kódů, a jejich charakteristikou.

V charakteristice kódů jsem používala spojení *studenti experimentují* a *studenti připravují pomůcky*. Zde uvádím výčet typických situací, které jsem těmito spojeními označila:

Studenti experimentují: studenti měří stopkami čas, měří tlak.

Studenti připravují pomůcky: studenti odešli ze svého místa pro pomůcky, drží tyto pomůcky v ruce, měří délku provázku, váží závaží, odměřují vzdálenost na stole od stojanu kyvadla, sestavují kyvadlo, odměřují výšku odměrného válce a označují jej lepícími papírky.

A – Práce s pomůckami

Charakteristické chování: Studenti připravují pomůcky nebo experimentují.

Chování, které sem nepatří: Diskuse, práce s PL, hraní si s pomůckami, úklid pomůcek.

B – Čtení pracovního listu

Charakteristické chování: Studenti čtou potichu nebo nahlas PL (čtou pouze zadání, ne vlastní naměřené hodnoty).

Chování, které sem nepatří: Diskuse, práce s pomůckami, zapisování do PL.

C – Práce s daty a zápis do PL

Charakteristické chování: Studenti odečítají vlastní data z experimentu, diktují a zapisují naměřené hodnoty, kreslí graf, počítají na kalkulačce, odpovídají na otázky v PL, diktují spolužákovi text do PL.

Chování, které sem nepatří: Čtení instrukcí v PL, diskuse.

D – Související komunikace

Charakteristické chování: Probíhá dialog – studenti diskutují o provedení experimentu, o tématu týkajícím se fyziky, o naměřených datech.

Chování, které sem nepatří: Pouhé mechanické sdělování hodnot odečtených z měřidla.

E – Nesouvisející

Charakteristické chování: Studenti diskutují o tématu nesouvisejícím s fyzikou, hrají si s mobilem, pomůckami nebo jinými předměty.

Chování, které sem nepatří: Používání kalkulačky a stopek na mobilu.

F – Interakce s učitelem

Charakteristické chování: Učitel diskutuje se studenty, vysvětluje něco, napovídá nebo se studentů ptá, studenti se ptají učitele.

Chování, které sem nepatří: Učitel studentům jen předá pomůcky a ihned odejde, učitel stojí u skupiny a tiše pozoruje.

G – Čtení vlastního návodu

Charakteristické chování: Studenti čtou potichu nebo nahlas vlastní návod.

Chování, které sem nepatří: Studenti čtou PL nebo naměřená data.

Níže jsou uvedeny kombinace základních kódů. Charakteristické chování u těchto kombinací neuvádím, je kombinací základních kódů uvedených výše.

A+B – Práce s pomůckami a čtení PL

Chování, které sem nepatří: Diskuse kromě čtení PL, zapisování do PL, počítání.

A+C – Práce s pomůckami, práce s daty a zápis do PL

Chování, které sem nepatří: Kromě čtení PL neprobíhá diskuse.

A+D – Práce s pomůckami a související komunikace

Chování, které sem nepatří: Práce s PL.

A+E – Práce s pomůckami a nesouvisející

Chování, které sem nepatří: Diskuse týkající se experimentů nebo fyziky.

A+F – Práce s pomůckami a interakce s učitelem

Chování, které sem nepatří: Učitel studenty jen pozoruje, poslouchá diskutující studenty a sám mlčí.

B+D – Čtení PL a související komunikace

Chování, které sem nepatří: Práce s pomůckami, diskuse bez čtení PL.

C+D – Práce s daty, zápis do PL a související komunikace

Chování, které sem nepatří: Práce s pomůckami, diskuse bez zapisování do PL.

A+B+D – Práce s pomůckami, čtení PL a související komunikace

Chování, které sem nepatří: Nesouvisející činnosti, zápis do PL nebo práce se daty.

A+C+D – Práce s pomůckami, práce s daty, zápis do PL a související komunikace

Chování, které sem nepatří: Nesouvisející činnosti, čtení PL.

B+E – Čtení PL a nesouvisející

Chování, které sem nepatří: Diskuse o souvisejícím tématu, jiné činnosti kromě čtení a diskuse.

C+E – Práce s daty, zápis do PL a nesouvisející

Chování, které sem nepatří: Čtení PL, příprava pomůcek, experimentování.

G+D – Čtení vlastního návodu a související komunikace

Chování, které sem nepatří: Čtení PL, zápis do PL, práce s pomůckami, nesouvisející činnosti.

3.5. Zpracování výsledků videostudie

Každá ze skupin strávila připravenou aktivitou 45–70 minut. Chtěli jsme zjistit, kolik času tráví studenti v průběhu bádání jednotlivými činnostmi. Po okódování jsme proto každé video rozdělili na pětiminutové úseky (poslední úsek mohl mít délku 3,5 – 8,5 minuty) a v těchto úsecích jsme zjišťovali, jakým činnostem se studenti věnují.

Ze získaných dat byly vytvořeny grafy znázorňující dobu, kterou skupinka strávila každou z činností během jednotlivých úseků.

V grafech jsou uvedeny pouze samostatné kódy, které zastupují i kombinace těchto kódů, například čas strávený kódem A vznikl součtem všech kódů, ve kterých je A obsaženo (tj. A, A+B, A+C atd.). Na ose x je čas od zahájení experimentování, který je rozdělený do pětiminutových intervalů. Osa y znázorňuje, jakou část jednoho úseku strávila skupinka danou činností a je uvedena v procentech. V jednom okamžiku probíhalo často několik činností, součet procent v jednotlivých úsecích proto přesahuje 100. Tyto grafy jsou použity v následující kapitole.

4. Výsledky výzkumu

V této kapitole je podrobněji popsána práce čtyř skupin pracujících s kyvadlem a čtyř skupin s hydrostatickým tlakem. U každé skupiny nejdříve popisuji, jak jsem pomocí dotazníku vybrala studenty, kteří sem budou patřit.

Dále hodnotím práci skupiny i jejich jednotlivých členů, popisuji činnosti skupiny v průběhu celé aktivity a přikládám graf, který znázorňuje dobu činností v průběhu aktivity. Uvádím některé odpovědi, které studenti napsali do PL během experimentování i jejich odpovědi v dotaznících, které vyplňovali samostatně po skončení experimentování.

4.1. Kyvadlo

4.1.1. Kyvadlo – potvrzující úroveň

Jak byli vybráni

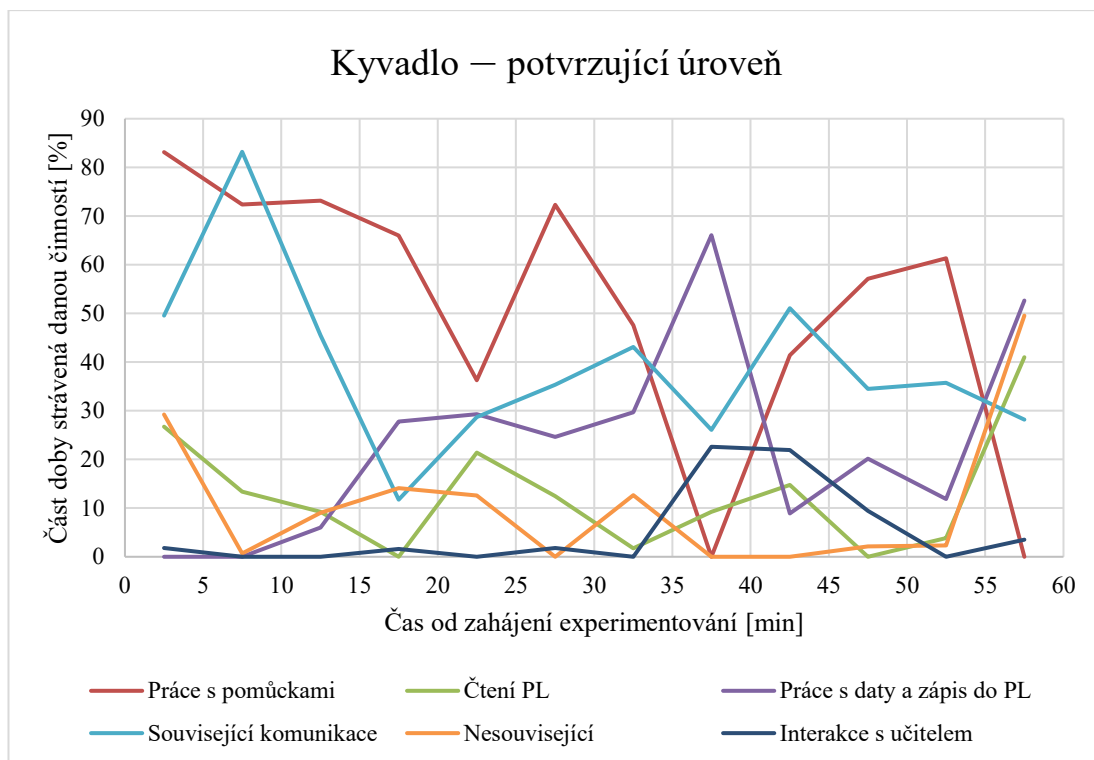
Do této skupiny jsem vybrala dvě dívky a jednoho chlapce. Dva z těchto studentů odpověděli v dotazníku, že je fyzika spíše nebaví. Třetí odpověděl, že ho určitě baví. Všechny členy této skupiny baví samostatné experimentování.

Moje hodnocení

Většinu doby pracovaly jen studentky, jedna z nich pouštěla kyvadlo, druhá měřila čas a zapisovala naměřené hodnoty. Jejich spolužák se v průběhu téměř celé aktivity věnoval něčemu jinému než experimentu, například seděl na zemi a hrál si s jiným experimentem, seděl na židli s hlavou položenou na lavici nebo si hrál s pomůckami. Spolužačky ho na chvíli zaměstnaly kreslením grafu. Ačkoliv spolupráce neprobíhala příliš dobře, skupině se podařilo provést všechna měření podle pracovního listu. Během experimentování interagovali tito studenti s učitelem jen minimálně, jak je vidět na grafu č. 3.

Činnosti studentů při bádání

Během celé aktivity trávili studenti poměrně hodně času prací s pomůckami kromě jediného úseku, kdy s pomůckami na chvíli přestali pracovat a zakreslovali graf. V grafu č. 3 vidíme, že je to úsek, ve kterém skupina strávila nejdelší dobu prací s daty a zápisem do PL. V průběhu celé aktivity probíhala související komunikace, nejvíce na začátku. Studenti si také průběžně četli PL. Výraznější interakce s učitelem nastala během celé aktivity pouze jednou, když studenti zjišťovali, jak odpovědět na jednu z otázek v PL.



Graf 3: Činnosti studentů bádajících s kyvadlem na potvrzující úrovni

Pracovní listy

Na odpověď, zda se mění perioda kyvadla se změnou počáteční výchylky, odpověděla tato skupina: „Neměla by se měnit, ale vinou nepřesnosti měření se lehce mění.“ Dále ověřili, že perioda kyvadla závisí na odmocnině z jeho délky a nezávisí na hmotnosti závaží. Posledním úkolem této skupiny bylo vypočítat velikost tíhového zrychlení ze vzorce uvedeného v teorii, studenti však pouze zapsali hodnotu „ $a = 9,81 \text{ m/s}^2$ “, kterou nejspíš nevypočítali, ale pamatovali si ji. Nepřesnosti měření mohly vzniknout „ve stisknutí stopek, zemětřesení, v (ne)stabilitě kyvadla“.

Odpovědi jednotlivců

Na první otázku, týkající se jasnosti zadání, odpověděli studenti: „V posledním zadání nebylo úplně jasné, co se má dělat. Jinak vše OK.“ a „Na první pohled vypadá zadání zmateně, ale po důkladnějším přečtení je vše dobře srozumitelné.“ Studenti se během experimentování naučili, že „perioda kyvadla je závislá pouze na délce provázku nikoliv na hmotnosti závaží nebo velikosti výchylky“. Měření studentům nepřipadalo složité: „Na mačkání stopek a pouštění kyvadla z určité výchylky není nic složitého. Bylo to spíš zdlouhavé.“ Jako problém během experimentu uvedl jeden člen skupiny: „bolest hlavy“ a další: „Jeden ze spolužáků většinu doby nespouštěl“;

měření bylo velmi nepřesné.“ Následovaly fyzikální otázky, na které odpověděli všichni studenti správně.

4.1.2. Kyvadlo – strukturovaná úroveň

Jak byli vybráni

V této skupině byla jedna dívka a dva chlapci. Všichni z nich odpověděli, že je fyzika spíše nebaví. Samostatné experimentování označili jako první nebo druhou nejoblíbenější činnost. Jeden člen skupiny uvedl, že při samostatném experimentování se naučí nejvíce z nabízených možností. Zbývající dva členové zařadili samostatné experimentování na třetí a čtvrté místo ze čtyř z hlediska toho, kde se naučí nejvíce. U této skupinky jsem se rozhodovala mezi strukturovanou a nasměrovanou úrovní bádání, k nasměrované úrovni jsem ale nakonec vybrala jiné studenty.

Moje hodnocení

Skupina pracovala poměrně dobře. Její členové dobře spolupracovali a práci si rozdělili tak, že jeden ze studentů pouštěl kyvadlo a měřil čas a studentka zapisovala naměřené hodnoty. Druhý student pomáhal sestavit kyvadlo, během měření aktivně nepracoval, jen sledoval experiment, ale nevěnoval se nesouvisejícím aktivitám. V průběhu celé aktivity si všichni povídali o nesouvisejících tématech a dívka v jedné chvíli fotila sebe a své spolužáky na mobil.

Problém nastal u měření závislosti periody kyvadla na hmotnosti závaží. Studenti naměřili, že periody kyvadel se závažím o hmotnosti 50 g a se závažím o hmotnosti 100 g se téměř neliší a nechtěli tomuto výsledku věřit: „*To se mi nějak nezdá, že nezáleží ani na závaží. To je blbost.*“ Následně skupinka měřila periodu kyvadla s 200 g závažím. Kyvadlo sestavili tak, že pod sebe zavěsili dvě padesátigramová a jedno stogramové závaží – tím však změnili nejen hmotnost kyvadla, ale zároveň kyvadlo prodloužili o několik cm.

Tabulka 1: Naměřené hodnoty periody kyvadla v závislosti na hmotnosti závaží

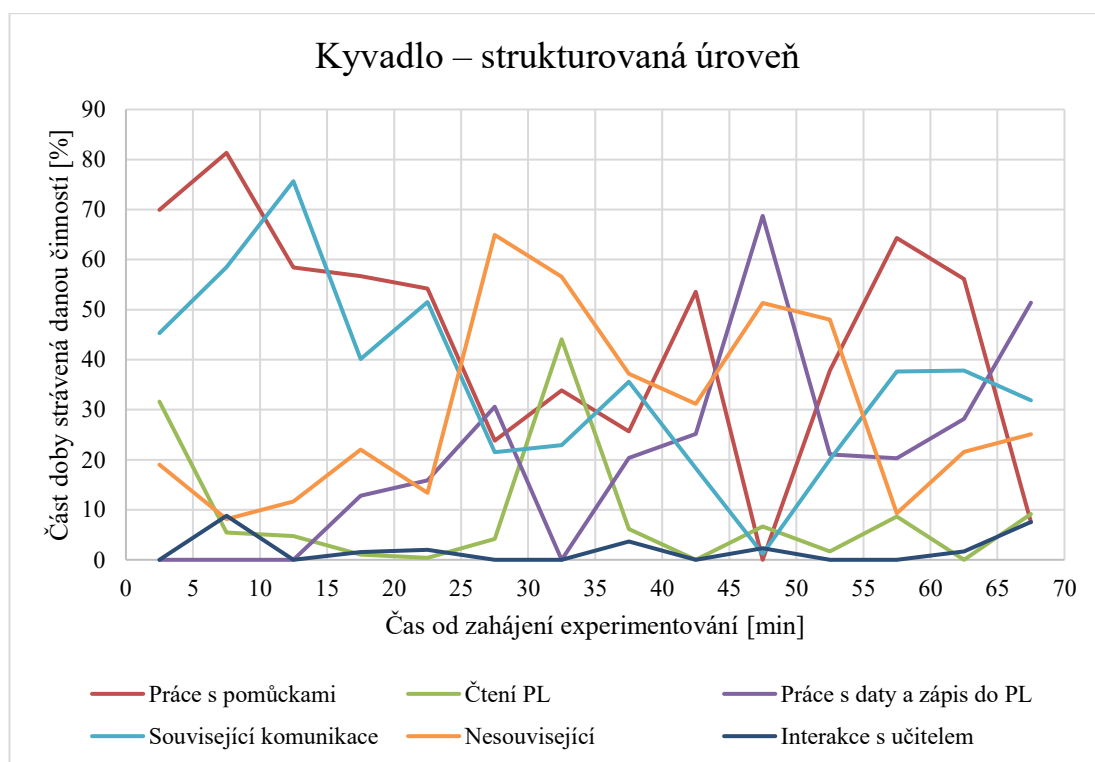
hmotnost závaží	50 g	100 g	200 g	300 g
10 period	21,38	21,35	22,32	22,57
(změřte pro každou délku 3x)	21,35	21,27	22,32	22,71
	21,51	21,44	21,92	22,83
1 perioda (průměr)	21,41	21,35	22,19	22,69

Po vyplnění tabulky se studentům nelíbila perioda při 50 g a při 100 g: „*To první je divný. Buď to první, nebo to druhý.*“ Rozhodli se změřit tuto periodu znovu.

Jeden ze studentů řekl spolužačce, která zapisovala do PL: „Napiš tam tu anomálii, že jako mělo by to tak být (pozn.: perioda by měla záviset na hmotnosti), protože to nám radí selský rozum, ale 50 g a 100 g mají stejnou dobu kmitu, což znamená, že to úplně tak asi nebude. Ale už nás to nebaví, takže tam prostě něco napíšeme.“ Těto chyby si bohužel nevšiml učitel, který by na ni studenty mohl upozornit.

Činnosti studentů při bádání

Graf skupiny bádající na strukturované úrovni se velmi podobá grafu skupiny s potvrzující úrovní zadání. Na začátku se studenti také nejvíce věnovali práci s pomůckami a související komunikaci, zásadní rozdíl je ale v tom, že tyto aktivity na chvíli nahradily nesouvisející činnosti, kterými členové této skupiny strávili velkou část doby (věnovali se jim nejvíce ze všech skupin pracujících s kyvadlem). Během aktivity probíhala jen minimální interakce s učitelem.



Graf 4: Činnosti studentů bádajících s kyvadlem na strukturované úrovni

Pracovní listy

Skupina naměřila, že perioda kyvadla nezávisí na velikosti výchylky, závisí na délce kyvadla: „*čím kratší kyvadlo, tím kratší doba*“. Na otázku, zda má hmotnost závaží vliv na periodu kyvadla, odpověděli členové skupiny: „*Ano, mělo by to tak být, protože nám to radí selský rozum*“. Na otázku týkající se nepřesnosti měření odpověděli: „*Nepřesnosti mohly vzniknout u Filipa, protože má pomalé reflexy*“.

Odpovědi jednotlivců

Na otázku, jak se jim pracovalo se zadáním, odpověděli studenti: „*skvěle, všechno dobré*“ a „*super*“. Během experimentování se členové skupiny naučili „*jaké veličiny změni délku periody*“. Měření nikomu ze skupiny nepřipadalo složité, jako důvod napsali: „*Dobrý tým*“ a „*kvůli srozumitelnému zadání*“. Během experimentování nenastal žádný problém a mezi nepřesnostmi měření uvedli: „*měření času*“, „*možná nepřesné měření kvůli pomalým reflexům*“ a „*mohli jsme třeba špatně naměřit provázek*“.

Všichni členové skupiny odpověděli špatně na jedinou fyzikální otázku – zda se změni perioda kyvadla se změnou hmotnosti závaží. Mysleli si, že se perioda změni tak, že kyvadlo s větší hmotností bude mít periodu větší.

4.1.3. Kyvadlo – nasměřovaná úroveň

Jak byli vybráni

V této skupině byli dvě dívky a jeden chlapec. Všichni odpověděli, že mají rádi pořádek, rádi zkouší nové věci a nechají si poradit. Jednoho z nich fyzika spíše baví a zbylé dva spíše ne. Samostatné experimentování řadí všichni členové této skupiny na 1. nebo 2. místo z hlediska oblíbenosti i z hlediska toho, kde se nejvíce naučí.

Moje hodnocení

Studenti se během celé aktivity věnovali experimentu, o nesouvisejících věcech se bavili jen minimálně. Během experimentování si neměnili role, jeden člen skupiny zapisoval do PL, druhý pracoval s kyvadlem a třetí měřil stopkami.

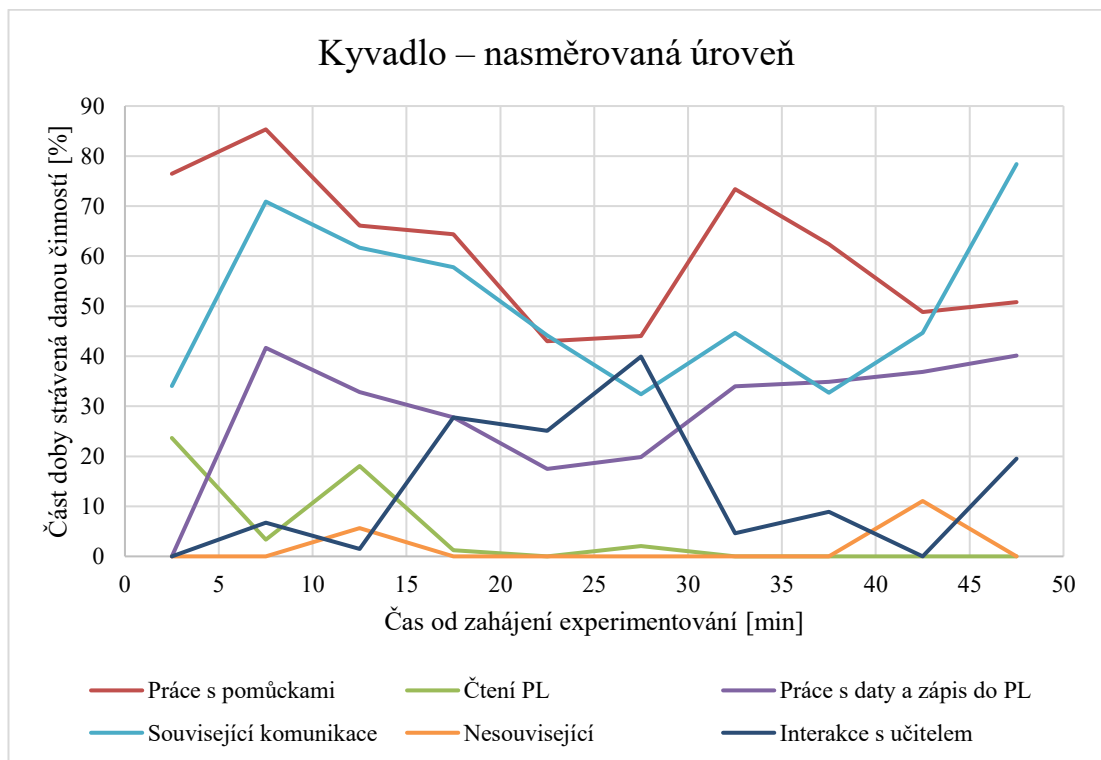
Po přečtení zadání studenti sestavili kyvadlo a začali zjišťovat závislost periody na výchylce. Nepoužívali vůbec stopky, pouhým pozorováním došli k závěru, že „*čím větší výchylka, tím větší perioda*“. Závislost periody kyvadla na jeho hmotnosti zjišťovali také pozorováním bez stopek: „*Mám pocit, že se pohybuje rychleji. Jako můžeme to změřit.*“ Od této chvíle už periodu měřili. Zjistili tak, že „*čím kratší provázek, tím kratší perioda*“.

Pak si s nimi promluvil učitel o dosavadních výsledcích a dohodl se se studenty, že již naměřené závislosti naměří znova a přesněji. Studenti tedy opakovali měření výchylky se stopkami a naměřili při několika různých počátečních výchylkách kyvadla vždy téměř stejné periody. Tento výsledek jim připadal zvláštní a učitel studentům řekl, že je to možné a aby si rozmysleli, kde v měření mohly vzniknout chyby. Skupinka se nakonec shodla na tom, že perioda na výchylce závisí, ale jen velmi málo. Tento výsledek mohl být způsoben tím, že měřili velké výchylky, při kterých už perioda na úhlu závisí. Dále skupinka naměřila, že perioda kyvadla nezávisí na jeho hmotnosti. Jedna ze studentek ale byla přesvědčená, že perioda na hmotnosti záviset musí: „*Já si myslím, že ta doba nemůže být stejná, ale že to nebudou zas tak velké výchylky.*“ Její spolužák s ní ale nesouhlasil: „*Ono to možná stejně být může.*“ Rozhodli se tedy proměřit závislost periody na hmotnosti znova s delším kyvadlem a opět naměřili, že se perioda se změnou hmotnosti nemění.

Ačkoliv studenti na začátku aktivity pracovali velmi nepřesně, nakonec dospěli k fyzikálně správným výsledkům.

Činnosti studentů při bádání

V tomto grafu nastává změna od předchozích dvou grafů – doba strávená jednotlivými činnostmi se v průběhu celé aktivity nemění tak výrazně. Studenti v této skupině se po celou dobu nejvíce věnovali práci s pomůckami (po většinu doby více než 50 % času), nejméně to bylo v době, kdy diskutovali s učitelem. Druhou nejčastější činností této skupiny byla související komunikace. Zadání si studenti četli nejvíce na začátku a pak mu již téměř nevěnovali pozornost, což se u nasměrované úrovně bádání dalo očekávat. Na rozdíl od předchozích dvou skupin tato skupina mnohem více interagovala s učitelem. Jejich komunikace začala ve chvíli, kdy učitel zjistil, že studenti neměřili přesně a bavil se s nimi o tom, jak by bylo možné pracovat přesněji.



Graf 5: Činnosti studentů bádajících s kyvadlem na nasměrované úrovni

Pracovní listy

Skupina zjišťovala závislost periody na výchylce následujícím způsobem: „Kuličku jsme pouštěli vždy z jiného místa, čas od jednoho krajního bodu do druhého byl vždy jiný. Čím větší výchylka, tím větší perioda.“ Vliv délky kyvadla na jeho periodu zjišťovali tím způsobem, že „provázek zkracovali a měřili čas jednotlivých period“ a zjistili, že „čím kratší provázek, tím kratší perioda“. Následovalo měření

závislosti periody na hmotnosti: „Měřili jsme periodu s lehčím závažím, potom jsme přidali další závaží vedle sebe na jeden háček.“ Nepřesnosti měření mohly být „náprah – ne vždy je stejný, měření času“.

Odpovědi jednotlivců

Na otázku, jak se jim pracovalo se zadáním, odpověděl jeden ze studentů: „Zadání bylo jasné a srozumitelné. Nebyly tam zbytečné informace navíc a neměli jsme problém s pochopením.“ Při experimentování se žáci naučili „že nezáleží na hmotnosti závaží“ a „že nás naše domnívání může zklamat a že je lepší si věci ověřit“. Měření studentům připadalo složité pouze ze začátku: „museli jsme se zamyslet nad tím, co vůbec děláme“. Dále píšou: „Problém nastal při měření závislosti periody na hmotnosti závaží, kdy při prvních pokusech byl patrný časový rozdíl, ale nakonec se ukázalo, že šlo o chybu při měření.“ Během tohoto měření docházelo kromě kývání kyvadla také k jeho rotaci, což mělo vliv na periodu. Nepřesnosti mohly nastat „nastavením celého aparátu“, „nepřesným změřením délky kyvadla, stopováním na telefonu – nespouštěním a nestopnutím stopek včas“.

Na fyzikální otázky odpověděli všichni členové skupiny správně. Otázku, zda se změní perioda kyvadla se změnou výchylky, okomentoval jeden student slovy: „Bude stejná, maximálně minimální odchylka v řádu milivteřin.“ Také jeho spolužáci odpověděli, že se perioda nezmění. Na otázku, zda se bude lišit perioda kyvadla, pokud změníme hmotnost závaží, odpověděl jeden ze studentů: „Pokud se bude lišit, je to nejspíš chyba při měření.“ Dobře si poradili i s otázkou, zda by se perioda kyvadla lišila na Měsíci – všichni odpověděli, že ano a že bude delší. Jeden ze studentů to odůvodnil slovy: „Perioda bude větší na Měsíci, protože je tam nižší gravitace, po náprahu nebude kuličku Měsíc tak rychle přitahovat, bude se pohybovat pomaleji.“

4.1.4. Kyvadlo – otevřená úroveň

Jak byli vybráni

Do této skupiny jsem předem vybrala tři studenty. Jeden z nich ale nebyl přítomen na hodině, nahradila jsem ho tedy jiným studentem, který dotazník před experimentováním nevyplnil. Skupinu nakonec tvořily dvě dívky a jeden chlapec. Studenti ve vyplněných dvou dotaznících odpověděli, že mají rádi pořádek a když dělají něco nového, tak se spíše drží návodu a nevdají jim chaos. Ve vyučovací hodině je nejvíce baví sledování pokusů, které provádí učitel. Jejich samostatné experimentování označil jeden z nich jako 3. nejoblíbenější činnost, druhý jako 4. Zároveň jejich samostatné experimentování označili jako činnost, při které se naučí nejméně (z nabízených 4 možností). Podle odpovědí se mi připadalo, že těmto studentům otevřená úroveň bádání nebude vyhovovat. Zajímalo mě ale, jak si se zadáním poradí, a proto jsem jim otevřenou úroveň přiřadila.

Moje hodnocení

Tato skupina pracovala velmi dobře a během celé aktivity se věnovala pouze experimentu, což dokazuje i graf č. 6. Její členové nejdříve navrhli, že budou zkoumat závislost periody na jeho hmotnosti, výchylce a délce. Vymysleli dobrý postup experimentování a závislost na všech navržených veličinách postupně proměřili. Závislost na hmotnosti měřili zajímavým způsobem: na tyčku si na stejně dlouhých provázcích zavěsili dvě závaží o různých hmotnostech a nechali je kývat. Okamžitě bez měření stopkami tak viděli, že obě kyvadla kývou se stejnou periodou. Byli ale velmi přesní a periody obou kyvadel jednotlivě změřili stopkami. Při zjišťování závislosti periody na výchylce měřili výchylky o velikostech přibližně 40° a 90° , drobný rozdíl period pak naměřili.

Členům této skupiny velmi dobře docházely souvislosti v tomto experimentu s jinými jevy, se kterými se již setkali. Zde jsou ukázky dvou situací:

Při měření závislosti periody na hmotnosti si student vzpomněl na souvislost s volným pádem:

„My vlastně když jsme tady (pozn: v IFL) byli minule, tak jsme měřili ten dopad, ne? Volný pád. Vlastně jsme taky zjistili, že když je něco těžší, tak to padá stejně

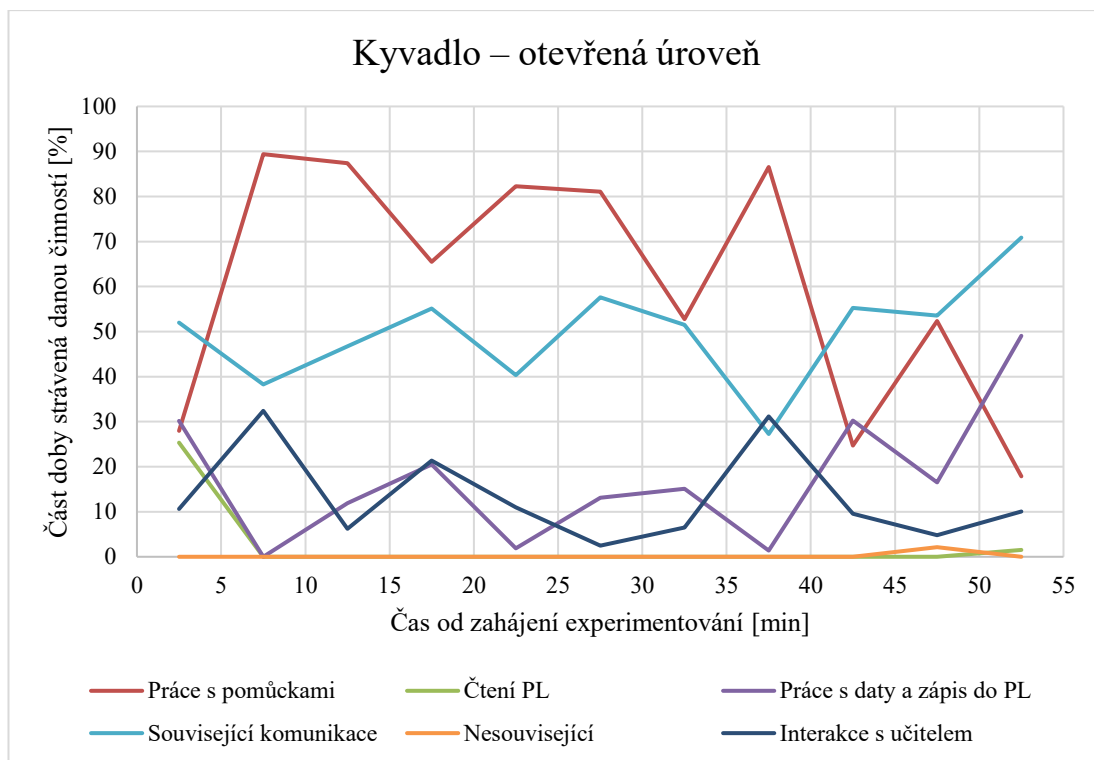
dlouho. Takže vlastně to dává smysl.“ Jeho spolužačka ještě upřesnila: „Ve vakuu ti to spadne stejně rychle. Ve chvíli, kdy tam máš vzduch, tak už ti to určitě ovlivňuje, ale když máš jakoby vakuum na zemi, tak ti to spadne stejně rychle.“

Když studenti zjistili, že perioda kyvadla závisí na jeho délce, poznamenala jedna ze studentek:

„Podle toho se přece dřív určoval tep, podle kyvadla. Mně to mělo dojít dřív. Podle délky kyvadla se měřilo, jestli má pacient nízký, vysoký, nebo normální tep.“

Činnosti studentů při bádání

Porovnáme-li tento graf s grafem potvrzující nebo strukturované úrovně zadání, vidíme, že u otevřeného bádání, podobně jako u nasměrovaného, jsou menší rozdíly v době strávené jednotlivými činnostmi během celé aktivity. Během téměř celé aktivity se studenti nejvíce věnovali práci s pomůckami. Druhá nejčastější činnost byla po většinu aktivity související komunikace. Na rozdíl od potvrzující či strukturované úrovně komunikovali studenti otevřené úrovně s učitelem v průběhu celé hodiny, nejvíce na začátku experimentování a následně také ve druhé polovině času. Skupinka zapisovala do PL v průběhu celé hodiny, nejvíce po skončení bádání. Studenti se vůbec nevěnovali nesouvisejícím činnostem.



Graf 6: Činnosti studentů bádajících s kyvadlem na otevřené úrovni

Pracovní listy

Podle této skupiny by perioda kyvadla mohla záviset na „*hmotnosti, délce provazu a dráze*“. Studenti napsali, že změní závislost periody na těchto veličinách tak, že budou „*postupně měnit jednotlivé závislosti*“. Následně zvážili 3 kuličky a měřili jejich periodu při různých délkách závěsu a různě velkých výchylkách.

Průběh a výsledky měření popisují následovně: „*Při stejné délce provázku jsme měnili hmotnost závaží a zjistili, že na délku periody to nemá žádný vliv. Výchylka má vliv na délku periody. Délka provázku má velmi velký vliv na délku periody.*“ K nepřesnostem dochází „*když to není přímočarý pohyb, při rotování kolem své osy*“.

Odpovědi jednotlivců

Na otázku, jak se jim pracovalo se zadáním, odpověděli: „*bylo logické a vše z něho šlo pochopit*“ a „*zadání jsem rozuměl, líbila se mi jasnost*“. Tyto odpovědi mě překvapily, jelikož několik studentů nižších úrovní bádání si stěžovalo na nejasnost.

Při experimentování se studenti naučili „*že váha nemá vliv na periodu kyvadla*“ a „*nic, pouze osvěžila znalosti*“. Měření studentům složité nepřipadalo: „*O dost složitější bylo uvázat provázek, aby byl stejně dlouhý – vyžaduje to zručnost*“.

a nerozklepané ruce.“ Žádný problém se během měření nevyskytl. Jako nepřesnosti uvádějí studenti: *„kulička nám docela rotovala“* a *„nestejná výchylka, nestejná délka motouzu“*.

Na otázku týkající se změny periody při menší výchylce, odpověděli všichni podobně *„Ano, změní. Při menší výchylce bude mít kratší periodu.“* Na poslední otázku, zda by se perioda kyvadla na Měsíci lišila, odpověděli dva studenti, že na měsíci se jeho perioda změní. Třetí napsal, že *„při zanedbání odporu vzduchu ne“*. Odpověď na tuto otázku si studenti museli tipnout, jelikož vztah pro výpočet periody kyvadla neznali.

4.2. Hydrostatický tlak

4.2.1. Hydrostatický tlak – potvrzující úroveň

Jak byli vybráni

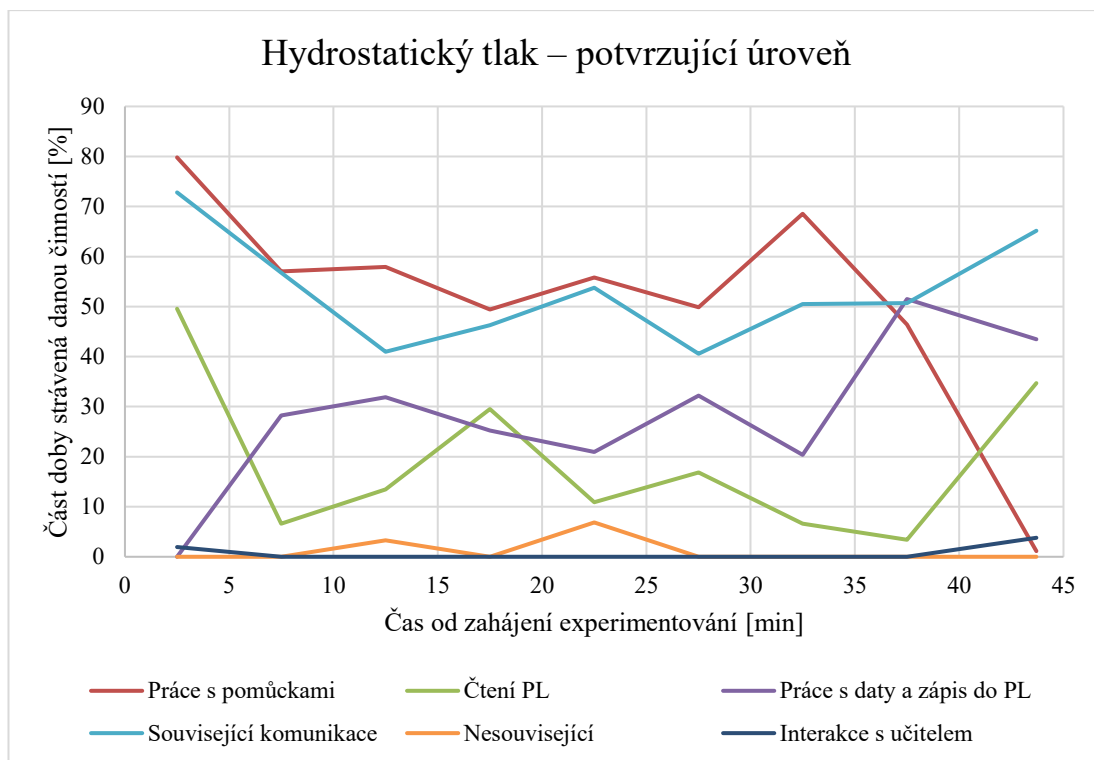
Do této skupiny byly na základě odpovědí v dotazníku vybrány tři dívky. Na otázku v dotazníku, zda rády vymýšlí svůj vlastní postup, vybraly dvě z nich odpověď „spíše ne“ a třetí „určitě ne“. Každá z nich má ráda pořádek a fyzika ani samostatné experimentování je příliš nebaví.

Moje hodnocení

Celkově pracovala tato skupina velmi dobře. Studentky se držely pokynů v zadání, během měření diskutovaly většinu doby o experimentu a minimum času diskutovaly o nesouvisejících věcech. V průběhu měření aktivně pracovaly převážně dvě z nich – jedna měřila barometrem a odečítala z něj naměřené hodnoty hydrostatického tlaku, její spolužačka tyto hodnoty zapisovala do pracovního listu. Třetí slečna během měření často používala mobilní telefon i ve chvílích, kdy jej nepotřebovala k práci. Při výpočtech se ale tato studentka zapojovala a mobilní telefon využívala jako kalkulačku.

Činnosti studentů při bádání

V průběhu téměř celé aktivity se studenti nejvíce věnovali práci s pomůckami a jen o trochu méně času trávili související komunikací. Skupinka průběžně četla PL, pracovala s naměřenými daty a zapisovala do PL. Zajímavé je, že doba strávená těmito činnostmi se v jednotlivých úsecích příliš neliší. Porovnáme-li tento graf s grafem „Kyvadlo – potvrzující úroveň“ (graf č. 3), vidíme, že u skupinky pracující s kyvadlem se doba strávená jednotlivými činnostmi v různých úsecích výrazně měnila. Během aktivity se studentky téměř nebavily s učitelem ani se nevěnovaly nesouvisejícím činnostem.



Graf 7: Činnosti studentů bádajících s hydrostatickým tlakem na potvrzující úrovni

Pracovní listy

Odpovědi v pracovním listu odpovídají teorii, tato skupina naměřila, že hydrostatický tlak závisí na hloubce a „čím větší je h , tím větší je p_h “. Dále hydrostatický tlak nezávisí na velikosti plochy hladiny, nezávisí na celkovém objemu kapaliny ve válci a závisí na druhu kapaliny. Za nejzásadnější chybu dívky považovaly skutečnost, že „čidlo tlaku nemuselo být pokaždé ve stejné hloubce“.

Odpovědi jednotlivců

Nejdříve studentky odpovídaly na otázky týkající se zadání experimentu. První otázku, jak se jim pracovalo se zadáním, okomentovaly slovy: „Dobře, nejdříve to bylo trochu složitější – z pohledu toho, že jsme to dělaly poprvé, ale poté už jsme pochopily, jak na to“ a „Zadání bylo srozumitelné a bylo u něho jasné co dělat, takže se mi s ním pracovalo velmi dobře.“

Okomentovaly jej jako dostatečně podrobné a srozumitelné. Při experimentování se naučily „na čem závisí hydrostatický tlak, jak ho změřit“. Na otázku, zda jim měření připadalo složité, odpověděly: „Ani ne, spíš to bylo zábavné“ a „Měření mě bavilo a nepřišlo mi tolik náročné. Složitě nebylo, vlastně jsme jen měřily cm, nalévaly vodu a používaly čidla tlaku.“ Během měření nenastal žádný závažný problém.

Následovaly fyzikální otázky, na které všechny dívky z této skupiny odpověděly správně.

4.2.2. Hydrostatický tlak – strukturovaná úroveň

Jak byli vybráni

Skupinu tvořil jeden student a dvě studentky. Každý z nich řadil samostatné experimentování mezi zábavnější činnosti ve výuce. Všichni v dotazníku před experimentováním odpověděli, že spíše mají rádi pořádek, fyzika je baví a když dělají něco nového, tak se drží návodu. Podle těchto i dalších odpovědí v dotazníku jsem tyto studenty vybrala do strukturované úrovně bádání, která by jim mohla dobře vyhovovat.

Moje hodnocení

Tato skupina pracovala velmi dobře. Všichni členové se aktivně zapojovali do měření a účastnili se diskuse. Studenti se k sobě chovali hezky a spravedlivě si rozdělovali práci, během experimentování si 7x vyměnili místa, takže si každý z nich vyzkoušel práci s barometrem, odečítání naměřených hodnot i zapisování do PL. Z naměřených hodnot se studentům nepodařilo zjistit, zda hydrostatický tlak závisí na druhu kapaliny, a tak po diskusi s učitelem toto měření opakovali ve větším odměrném válci.

Během měření se v několika situacích ukázalo, že student se snažil pracovat velmi poctivě a když si všiml nějaké nepřesnosti v měření, chtěl ji napravit. Dívkám ale na přesnosti měření tolik nezáleželo a spíše chtěly dokončit měření co nejdříve. Zde uvádím ukázkou jedné konverzace:

Studenti právě zjišťují závislost tlaku na ploše hladiny. Chlapec (Ch) barometrem měří tlak v různých hloubkách válce A, první dívka (D1) čte hodnoty z rozhraní labquest, druhá dívka (D2) zapisuje do PL.

Ch: „*Tak jdem na to.*“ Měří tlak v dané hloubce. „*Kolik?*“

D1: „*Jo 0,43.*“

Druhá dívka zapisuje hodnotu do PL.

Ch: „*Hele schválně, kolik jsme měli v tom předtím.*“

Dívají se do PL na tlak naměřený ve stejné hloubce ve válci B a zjišťují, že dvakrát naměřili hodnotu 0,42 kPa a jednou 0,43 kPa.

Ch: „*Takže to možná nezávisí na objemu! Budeme to opakovat.*“

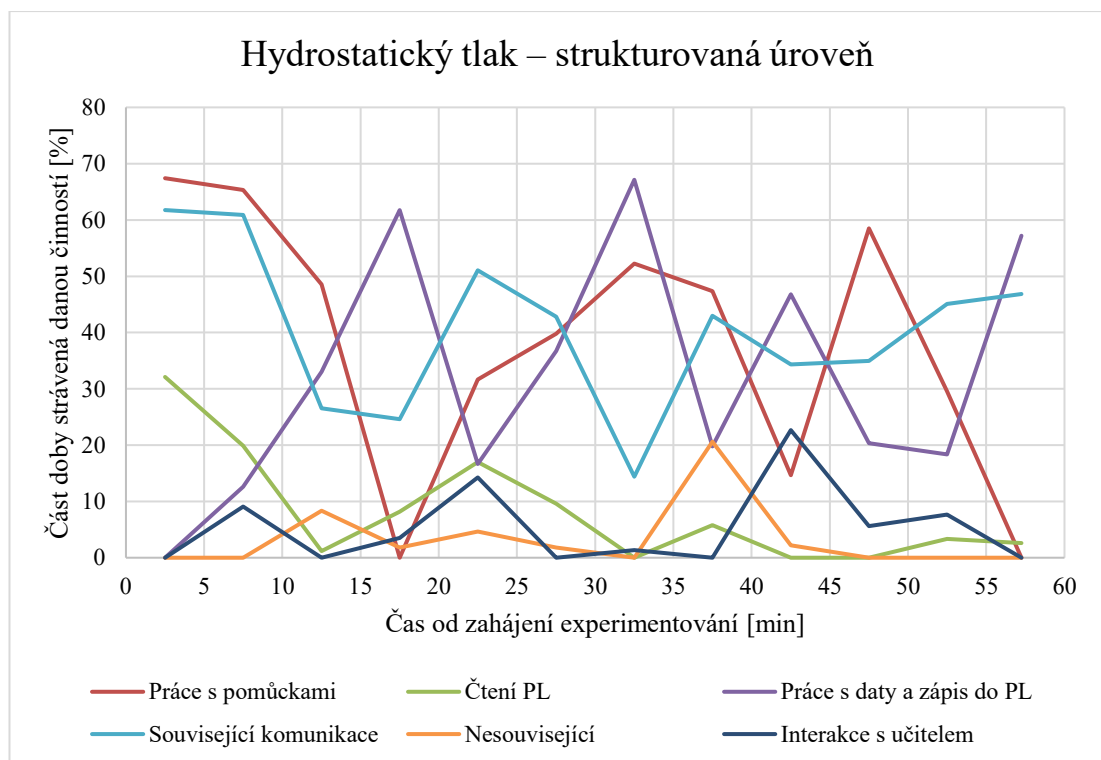
D2: „*Nebo tam... nebo to prostě opišeme.*“

Ch: „*Ne. Ne, to se nesmí. To není fyzikální vůbec.*“

Studenti pokračují v měření.

Činnosti studentů při bádání

Na rozdíl od skupinky s potvrzujícím zadáním zde vidíme, že se v průběhu celé aktivity výrazně měnila doba, kterou tato skupinka trávila různými činnostmi. Na začátku trávili studenti většinu doby prací s pomůckami, kterou následně vystřídala práce s daty. Současně probíhala související komunikace. Porovnáme-li graf této skupinky s grafem č. 4 „Kyvadlo – strukturovaná úroveň“, vidíme, že prací s daty strávili členové této skupinky o něco více času a k interakci s učitelem zde také docházelo více než u skupiny se strukturovaným zadáním kyvadla.



Graf 8: Činnosti studentů bádajících s hydrostatickým tlakem na strukturované úrovni

Pracovní listy

Studenti proměřili tlak v závislosti na různých veličinách podle zadání a zjistili, že závisí na hloubce v kapalině a nezávisí na ploše a objemu kapaliny. Vytvořili graf závislost tlaku na hloubce v kapalině a správně poznali, že se jedná o přímou úměrnost. Jelikož si nebyli jistí závislostí na druhu kapaliny, proměřili závislost tlaku na druhu kapaliny podruhé a k tomuto měření si do PL sami vytvořili tabulky, do kterých zapisovali hloubky a jím příslušející tlak. Při tomto měření už vyšlo, že tlak závisí na druhu kapaliny. Mezi nepřesnosti uvedli členové této skupiny „přetékání kapaliny z odměrného válce, zbytky tekutiny v hadičce, nepřesnost měření v centimetrech“.

Odpovědi jednotlivců

Zadání bylo pro každého člena skupiny srozumitelné, přehledné, jasné a pracovalo se jim dobře. Při měření se naučili, na čem závisí hydrostatický tlak a jak pracuje čidlo tlaku. Práce podle zadání studentům nepřipadala náročná, protože *„šlo o nekomplikovanou, stále se opakující činnost“*. Problém nastal, když při ponořování trubičky do vody vytékalo malé množství vody z odměrného válce. Chyby mohly vzniknout *„nepřesně udělanými značkami na odměrném válci, nepřesným umístěním hadičky do dané hloubky a nepřesným zanesením bodů do grafu“*. Na všechny fyzikální otázky odpověděli studenti v této skupině správně.

4.2.3. Hydrostatický tlak – nasměřovaná úroveň

Jak byli vybráni

Do této skupiny byly vybrány dvě studentky a jeden student. V dotaznících dva členové skupiny odpověděli, že je fyzika spíše baví, třetího nebaví. Všichni se při děláni něčeho nového spíše drží návodu a nemají příliš rádi vymyšlení vlastního postupu. Studenta baví experimentování, obě studentky jej považují za nejméně zábavné. Na základě odpovědí bych této skupině nejraději zadala strukturovanou úroveň badání. Ta už ale byla obsazená jinými studenty, pro které byla ještě vhodnější, proto jsem se rozhodla zadat této skupině nasměřovanou úroveň.

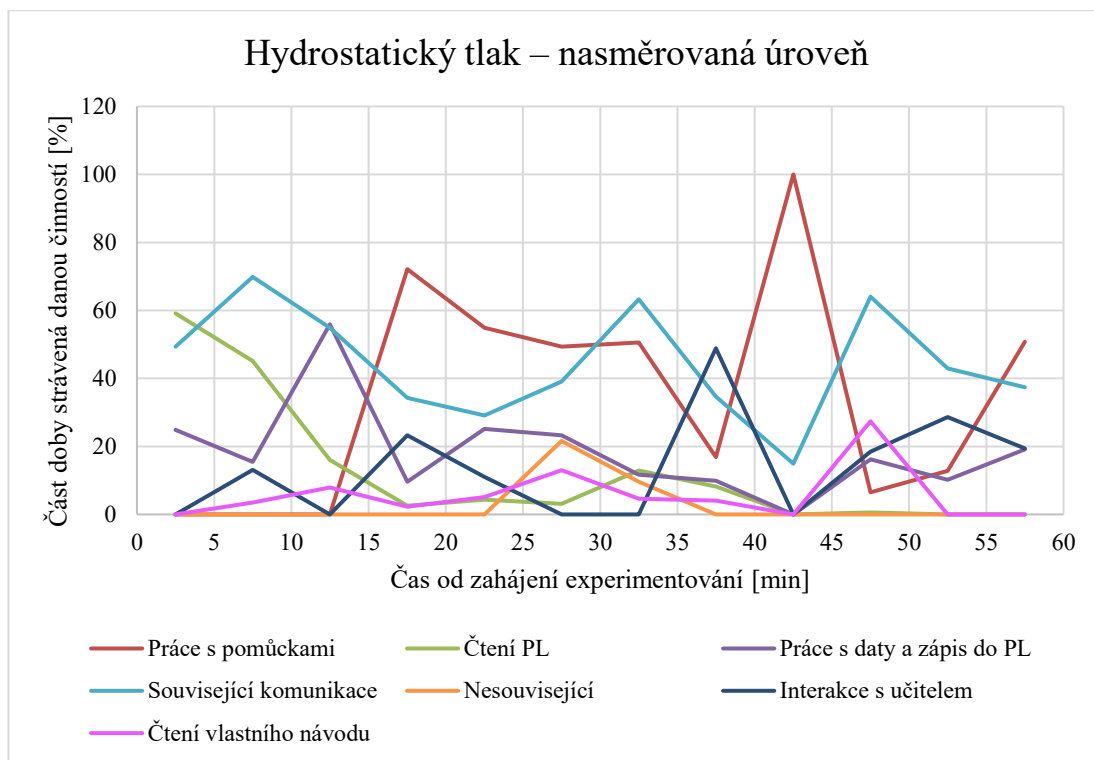
Moje hodnocení

Ačkoliv jsem si nebyla jistá, zda členům této skupiny bude zadání vyhovovat a bude se jim s ním dobře pracovat, ukázalo se, že to bylo velmi dobré rozhodnutí a studenti si se zadáním skvěle poradili.

Všichni studenti v této skupině dobře spolupracovali a celou hodinu se věnovali experimentování. Nejaktivnější byli student a jedna ze studentek, kteří na začátku hodiny vymýšleli a zapisovali postup provedení experimentu (viz příloha č. 4). Druhá studentka se v této části méně zapojovala do diskuse. Následně si rozdělili práci tak, že jeden pracoval s barometrem, druhý četl naměřené hodnoty a třetí tyto hodnoty zapisoval.

Činnosti studentů při badání

Studenti této skupiny si nejprve dobře rozmysleli postup experimentování a s pomůckami začali pracovat až přibližně 10 minut po začátku aktivity. To je velký rozdíl od všech ostatních skupin experimentujících s kyvadlem i hydrostatickým tlakem, jejichž členové začali pracovat s pomůckami okamžitě bez většího rozmýšlení. K interakci s učitelem docházelo v této skupině častěji než v předchozích dvou skupinách. Nejčastějšími činnostmi těchto studentů byly související komunikace a práce s pomůckami a tato skupinka se navíc jako jediná věnovala v průběhu celé hodiny čtení vlastnoručně napsaného návodu.



Graf 9: Činnosti studentů bádajících s hydrostatickým tlakem na nasměřované úrovni

Pracovní listy

Členové této skupiny si s nasměřovaným bádáním skvěle poradili. Začali tím, že sepsali postup provedení experimentů, kterými by ověřili závislost hydrostatického tlaku na jednotlivých veličinách ze zadání. Následně podle tohoto návodu pracovali a zjistili, že hydrostatický tlak závisí na objemu, ploše, hloubce i hustotě kapaliny. Po rozhovoru s učitelem si uvědomili, že zvolili nevhodný způsob měření závislosti na ploše a objemu kapaliny. Změnili tedy způsob měření, závislost na ploše hladiny proměřili znovu a došli tak ke správnému závěru, že hydrostatický tlak nezávisí na ploše hladiny.

Odpovědi jednotlivců

Zadání připadalo všem členům skupiny srozumitelné a jasné. Jeden ze studentů napsal: „Celkově to byla zajímavá změna, bavilo mě to.“ Během experimentování se studenti naučili „zacházet s měřákem“, „jak funguje tlak a které faktory ho ovlivňují“ a zjistili, že „hydrostatický tlak nezávisí vůbec na ploše“. Člen skupiny píše o jediném problému, který nastal: „V jednu chvíli, kdy jsme si neuvědomili, že po vnoření hadičky (měřáku) do válce se zvedne hladina. Toť vše.“ Nepřesnosti

mohly být způsobeny „*neustáleným držením měřáku ve válci* → *čísla se na displeji pořád měnila*“, „*nepřesným naměřením vody nebo nepřesným ponořením měřáku*.“

Na první tři otázky z fyziky odpověděli všichni správně. Jen na poslední otázku, která se týkala závislosti tlaku na ploše kapaliny, odpověděla jedna ze studentek chybně.

4.2.4. Hydrostatický tlak – otevřená úroveň

Jak byli vybráni

Členy této skupiny byli dva chlapci a jedna dívka. Jako prvního jsem do skupiny vybrala studenta, který v dotazníku před experimentováním odpověděl, že při děláni nových věcí se nedrží návodu, baví ho fyzika, rád zkouší nové věci, rád vymýšlí vlastní postup a v hodinách ho nejvíce baví samostatné experimentování. K němu jsem do skupiny přiřadila dva členy, kteří v dotazníku uvedli, že jsou pořádní, fyzika je spíše nebaví, ale rádi vymýšlejí vlastní postup. Samostatné experimentování v hodinách je pro jednoho z nich druhá nejoblíbenější činnost, pro druhého je to 3. nejoblíbenější činnost z možností nabízených v dotazníku před experimentováním.

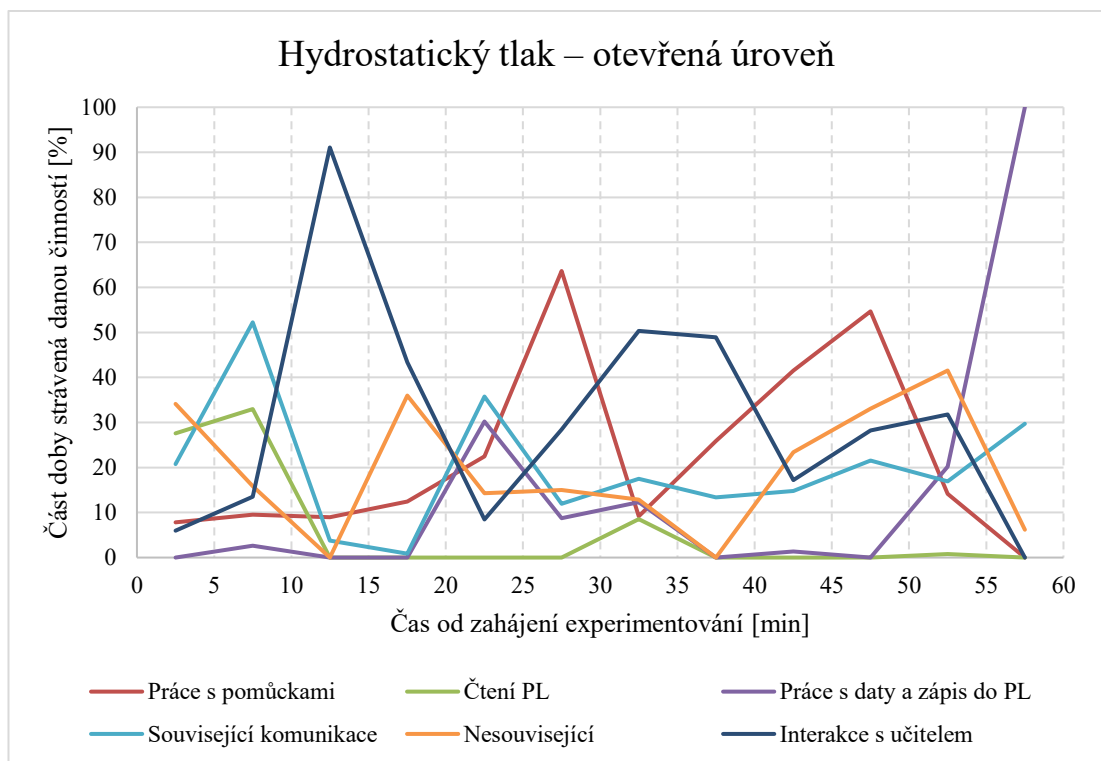
Moje hodnocení

Celkově se zdálo, že tato skupina nepracovala příliš dobře, její členové se často nevěnovali měření a bavili se o nesouvisejících věcech. Zpočátku nevěděli, jak mají začít měřit a jaké si vybrat pomůcky. Po nápovědě od učitele, že budou potřebovat nějaký měřák tlaku, sáhli po multimetru. Učitel jim tedy ukázal barometr, a vysvětlil, jak spolu s rozhraním funguje. Když pak chtěli začít měřit, zjistili, že rozhraní nefunguje a studenti tak museli počkat, než jim vyučující zapojí barometr k notebooku. Ani poté ale nezačali pracovat a zdálo se, že nevědí, co mají dělat. Po chvíli přišel učitel a během rozhovoru se ukázalo, že studentka měla postup měření dobře rozmyšlený, jen si jím nejspíš nebyla jistá.

Práce členů této skupiny neprobíhala příliš dobře. Hned na začátku hodiny nalili spolužáci studentce na židli vodu poté, co slečna odešla pro pomůcky. Ona pak se spolužáky nechtěla spolupracovat. V jedné chvíli studentka chtěla začít pracovat, její kolegové se však bavili o nesouvisejících věcech a nevšimli se jí. Když pak začali měřit, dlouho se dohadovali, kdo z nich bude zapisovat do pracovního listu. Jeden ze studentů se nakonec zapisování ujal, jeho spolužáci se ale zatím začali bavit a nepokračovali v měření a on se rozčiloval, že nespolečně pracují a říkají, že nevědí, co mají dělat. Málo efektivní práce této skupiny ukázala, jak moc důležité je složení skupin při práci ve vyučovací hodině.

Činnosti studentů při bádání

Nejčastější činností této skupiny byla interakce s učitelem, která u členů této skupiny probíhala nejvíce ze všech zkoumaných skupin. Nejvíce času ze všech skupin také trávili nesouvisejícími činnostmi. V porovnání s grafem č. 6 „Kyvadlo – otevřená úroveň“ tato skupinka mnohem méně pracovala s pomůckami. Práci s daty se věnovali uprostřed, a hlavně na konci celé aktivity, nezapisovali si ale žádné průběžné záznamy toho, co zjistili. K související komunikaci docházelo mezi těmito studenty nejméně ze všech skupin pracujících s kyvadlem i s hydrostatickým tlakem.



Graf 10: Činnosti studentů bádajících s hydrostatickým tlakem na otevřené úrovni

Pracovní listy

Nejdříve studenti vymýšleli, na kterých fyzikálních veličinách může záviset hydrostatický tlak. Vybrali hloubku v kapalině, hustotu kapaliny a šířku nádoby. Závislost na hloubce ověřovali tak, že do odměrného válce nalili vodu a měřili tlak v různých hloubkách. Stejně měření pak provedli s lihem, výsledky porovnali s vodou a zjistili tak, že hydrostatický tlak závisí na hustotě kapaliny. Nakonec zjišťovali závislost tlaku na šířce nádoby tím způsobem, že porovnali tlak ve stejných hloubkách

v odměrném válci a v baňce. Studenti svými experimenty zjistili, že na hydrostatický tlak mají vliv hloubka a hustota kapaliny.

Odpovědi jednotlivců

První otázku, jak se jim pracovalo se zadáním, jeden student obodoval: „9/10,“ další komentovali: „Trošku problém ze začátku s pochopením, co dělat, jinak pohoda“ a „Vše dobře vysvětleno, ale když nevím, o co jde, tak to není úplně snadné.“ Při experimentování se studenti naučili „pracovat s digitálním tlakoměrem,“ dále zjistili, že „šířka daného prostoru nemá vliv na působící tlak“ a „láh má menší hustotu než voda“. Na otázku, zda jim připadalo měření složité, odpověděli všichni, že ne. Jako problém při experimentování uvádí studenti „dohodnout se ve skupině“ a „urazil se nám člen týmu, byla na telefonu“. Nepřesnosti měření byly podle nich způsobeny kroucením hadičky barometru při měření, což způsobilo nepřesně naměřenou hloubku.

Na otázky zaměřené na fyziku odpověděli všichni členové týmu správně.

5. Shrnutí výsledků

5.1. Data z videostudie

V tabulkách č. 2 a 3 je uveden souhrn dat znázorněných v grafech č. 3–10. V těchto tabulkách vidíme, kolik času strávila každá skupina jednotlivými činnostmi během celé hodiny.

Tabulka 2: Čas strávený jednotlivými činnostmi během bádání nad kyvadlem

kód	Kyvadlo – čas [%]			
	Potvrzující	Strukturovaná	Nasměřovaná	Otevřená
A – práce s pomůckami	44	41	42	49
B – čtení PL	14	8	3	2
C – práce s daty a zápis do PL	20	19	20	14
D – související komunikace	34	33	34	40
E – nesouvisející	10	28	1	0
F – interakce s učitelem	5	2	10	12

Tabulka 3: Čas strávený jednotlivými činnostmi během bádání nad hydrostatickým tlakem

kód	Hydrostatický tlak – čas [%]			
	Potvrzující	Strukturovaná	Nasměřovaná	Otevřená
A – práce s pomůckami	49	37	28	23
B – čtení PL	20	8	10	5
C – práce s daty a zápis do PL	29	31	15	11
D – související komunikace	54	39	32	23
E – nesouvisející	1	2	2	21
F – interakce s učitelem	1	5	11	29
G – čtení vlastního návodu			1	

5.1.1. Nejčastější činnosti při experimentování

Nejčastějšími činnostmi při provádění aktivit s kyvadlem a hydrostatickým tlakem byly u většiny skupin práce s pomůckami a související komunikace.

Jediná skupina, která se lišila, pracovala na otevřené úrovni s hydrostatickým tlakem. Nejčastější činností této skupiny byla interakce s učitelem. O něco méně se tato skupina věnovala práci s pomůckami, související komunikaci a nesouvisející komunikaci. Odlišnost v činnostech této skupiny může být způsobena tím, že studenti této skupiny nevěděli, co mají dělat, věnovali se nesouvisejícím činnostem a když už chtěli začít pracovat, zjistili, že nefunguje rozhraní, což skupinu zdrželo.

Všechny skupiny experimentující s kyvadlem strávily práci s pomůckami téměř polovinu celé doby. Skupiny s hydrostatickým tlakem se liší od skupin s kyvadlem tím, že u hydrostatického tlaku klesá doba strávená prací s pomůckami s úrovní bádání. Tato skutečnost může být způsobena charakterem zadání, skupiny s kyvadlem měřily několikrát periodu kyvadla, což bylo časově náročné.

Očekávali jsme, že doba strávená prací s PL bude klesat s rostoucí úrovní bádání, což se nám potvrdilo. Na otevřené úrovni bádání strávili studenti nejméně času ze všech skupin prací s daty a čtením PL i zápisem do něj.

Doba související a nesouvisející komunikace závisela na charakteru skupiny. Z našich dat vyplývá, že čím častější byla ve skupině nesouvisející komunikace, tím méně docházelo k související komunikaci. Tento výsledek není nijak překvapivý, studenti během experimentování diskutovali buď o souvisejících, nebo o nesouvisejících tématech.

Interakce s učitelem byla podle našich očekávání delší u vyšších úrovní bádání. U nižších úrovní bádání byla interakce s učitelem zanedbatelná, učitel těmto studentům během experimentování nabízel pomoc, oni ji ale nevyžadovali.

5.1.2. Vliv úrovně zadání na strukturu činností

V grafech č. 3–10 můžeme vidět, že úroveň zadání BOV má velký vliv na strukturu činností skupin. Níže uvádím nejvýraznější případy, ve kterých se tento vliv projevuje.

Potvrzující a strukturovaná úroveň

V grafech znázorňujících kyvadlo i hydrostatický tlak na potvrzující a strukturované úrovni (grafy č. 3, 4, 7, 8) si můžeme všimnout, že když přibývá práce s daty a zápisu do PL, ubývá často související komunikace (obvykle jeden student zapisuje do PL naměřená data a spolužáci mu jejich číselné hodnoty diktují nebo mlčí) a naopak během související komunikace studenti méně pracují s daty a zapisují do PL. Velmi strukturované PL vedou k tomu, že si studenti provádějí jednotlivé činnosti po částech – chvíli se věnují převážně jedné činnosti, poté se věnují zase jiné.

Nasměrovaná a otevřená úroveň

V grafech nasměrované a otevřené úrovně kyvadla a otevřené úrovně hydrostatického tlaku (grafy č. 5, 6 a 10) ale pozorujeme spíše opačný jev – s přibývajícím dobou práce s daty a zápisu do PL často přibývá i související komunikace (celá skupina v průběhu zapisování diskutuje výsledek měření).

Podle našich pozorování směřují otevřenější zadání diskusi k hodnocení výsledků, zatímco u méně otevřených zadání se diskuse týká spíše procesu měření – co a jak má kdo udělat podle návodu.

Střídající se činnosti

Ve všech grafech často dochází k tomu, že když klesá doba strávená prací s pomůckami, přibývá práce s daty a zápis do PL a naopak. Tento jev byl očekávaný, protože studenti se během práce většinou věnují jen jedné z těchto činností.

5.1.3. Pozdější začátek práce s pomůckami

Skupina měřící hydrostatický tlak na nasměrované úrovni se odlišuje od všech ostatních skupin tím, že začala pracovat s pomůckami až po 10 minutách od začátku aktivity. Její členové začali tím, že sepsali vlastní návod, podle kterého následně prováděli experimenty. Studenti otevřenějších úrovní BOV mají různé možnosti, jak provést experiment, tyto formy zadání tak mohou podpořit tvořivost a samostatné vědecké myšlení studentů.

Ze začátku aktivity málo pracovaly s pomůckami i obě skupiny s otevřenou úrovní zadání. Skupina pracující s kyvadlem začala experimentovat už přibližně po pěti minutách a v této době proběhla jen krátká interakce s učitelem. Prvních pět minut studenti diskutovali o tom, na čem by mohla záviset perioda kyvadla.

U skupiny s hydrostatickým tlakem byl důvod ten, že studenti nevěděli, co mají dělat a nedokázali sami navrhnout experiment. S pomůckami začali pracovat až po delší interakci s učitelem a experimentovali jen krátce, protože neměli dobře rozmyšlený postup. Tato skupina by možná pracovala lépe, kdyby měla strukturovanější zadání a studenti přesněji věděli, co mají dělat.

5.1.4. Pomůcky mají vliv na zajímavost měření

Podle odpovědí studentů bylo měření hydrostatického tlaku zábavnější než měření periody kyvadla. Důvodů může být několik, jedním z nich je způsob měření. Zatímco při měření hydrostatického tlaku používali studenti čidlo, se kterým se doposud nesetkali a pro měření je více zaujalo (několik studentů napsalo po experimentování do dotazníku, že se naučili pracovat s čidlem – zřejmě to tedy považují za užitečné), periodu kyvadla měřili studenti s obyčejnými pomůckami, se kterými se nejspíš setkali už mockrát. V rozhovoru po experimentování pak jeden ze studentů pracujících s kyvadlem zmínil, že by více ocenil měřit pomocí nějakého zařízení – viz kapitola 5.2.1. Někteří studenti, kteří také zkoumali kyvadlo, po měření sami navrhovali, že by se perioda mohla měřit pomocí nějakého elektronického zařízení, aby to bylo zábavnější.

5.2. Komentáře studentů

V této kapitole uvádím komentáře některých studentů k experimentům, které mi řekli při rozhovoru po experimentování. Jsou zde komentáře nejen těch studentů, jejichž práci jsem popsala v kapitole 4, ale i všech ostatních experimentujících skupin, které v této práci nejsou podrobněji popsány.

5.2.1. Kyvadlo

Potvrzující úroveň:

„Bylo to moc dlouhý.“

„Mně se nelíbilo, že druhá skupina měla zábavnější věci. Říkali, že to bylo zábavný.“

„Bylo to hodně zdlouhavý, museli jsme pořád měřit.“

„Neměli jsme tady žádné elektronické měřidlo. Třeba lasery nebo něco, co by měřil počítač.“

Strukturovaná úroveň:

„Neděláme moc experimenty. Jednou jsme takhle něco měřili.“

„Občas něco měříme, ale většinou experimentuje pan profesor.“

„Ve škole na to není místo, jako je tady.“

Nasměrovaná úroveň:

„Mně se líbilo, že to není na známky, takže nemusíme dělat protokol.“

„Mně se líbilo, jak jsme byli jedna větší skupinka. Protože každý dělal něco trochu jiného, každý dělal svoji menší práci.“

„Kdyby to bylo známkové, tak by se mi nelíbilo, že každý dělá něco jiného.“

„Já jsem myslela, že to bude na známky, aspoň jednička za snahu.“

„Pochopitelný to bylo, bylo to napsaný jasně, jenom některý slova neznám.“

Otevřená úroveň:

„Už jsme to znali, ale ukázali jsme si, proč to platí.“

„Nutí nás to zapnout naše fyzikální mozky.“

„Líbí se mi, že nevíme, co máme dělat.“

„Bylo fajn, že jsme měli dost času a bylo to víc pohodové než normálně. Že jsme neměli tolik úkolů.“

„Mě nejvíc překvapilo, proč tady (v krabici s pomůckami) máme všechny ty věci.“

5.2.2. Hydrostatický tlak

Potvrzující úroveň:

„Bylo to dobrý, nebyly jsme ztracený.“

„Fajn bylo si to ověřit, než kdyby mi to někdo jen řekl, že ten tlak na něčem závisí.“

„Přesně jsme věděli, co máme dělat.“

Strukturovaná úroveň:

„Přišlo mi to zábavnější než obvykle ty experimenty.“

„To zadání bylo dobře napsané, věděli jsme, co máme dělat.“

„Bylo to takové hodně srozumitelné, dobře se to dělalo.“

„S tlakoměrem jsem ještě nepracovala nikdy.“

Nasměrovaná úroveň:

„Já osobně si myslím, že experimenty jsou lepší než jen povídání učitele, že si to pak člověk zapamatuje do testu. Že vím, že jsem si to zkoušela a vím to, na ten test je to potom lepší.“

„Mně se líbilo, že jsme byli tři a že každý dělal něco.“

„Fakt jsme si to mohli vyzkoušet.“

„Líbil se mi měřák, je to zase z jiného soudku.“

Otevřená úroveň:

„Připomněla jsem si, co už jsme se na fyzice učili, ale jinak. Bylo to víc do hloubky, ve škole jsme si jen napsali vzoreček, ale nedokázali jsme si představit, co to znamená.“

„My jsme se hydrostatický tlak neučili, takže pro mě to bylo nové. Bylo to zajímavé.“

„Bylo by lepší vědět, co a jak, ale zase jsme to museli vymyslet. Kdybychom to dělali příště, už by to bylo v pohodě.“

5.3. Doporučení k BOV na základě mých zkušeností

Při práci se studenty jsem narazila na několik komplikací a v této kapitole uvádím doporučení, která mi k jejich vyřešení vyplynula na základě tohoto výzkumu. Až příště budu učit badatelským způsobem, tyto body si připomenu a možná se budou hodit i některému z učitelů, kteří chtějí s badatelskou výukou začít.

Celkově pro mě během experimentování byla nejsnadnější práce se skupinami studentů s potvrzujícím a strukturovaným zadáním. Tito studenti přesně věděli, co mají dělat a pomoc učitele téměř nepotřebovali. Mnohem těžší bylo pracovat se studenty na nasměrované a otevřené úrovni bádání. Při badatelské výuce rozhodně doporučuji nepracovat s celou třídou (25 nebo více studenty), ale pouze s polovinou třídy – i tak to pro učitele může být dost náročné.

5.3.1. Je důležité, na co se ptáme studentů

Během aktivity by bylo ideální, kdyby učitel věděl, co která skupina měří. Pokud ale současně experimentují čtyři skupiny, může to být dosti obtížné. Mně se příliš nedařilo mít přehled o tom, co všechny čtyři skupiny dělají a k jakým závěrům došly. Studentů jsem se často ptala, jak jim měření jde. Neuvědomovala jsem si ale, že obzvláště na nasměrované a otevřené úrovni neví, co mají měřit, a tudíž ani neví, jak jim práce jde a jestli něco dělají špatně (například když chtějí měnit hmotnost kyvadla a závaží zavěšují pod sebe, tudíž mění nejen hmotnost kyvadla, ale i jeho délku). Je proto potřeba klást správně otázky. K získání přehledu o činnostech studentů učitelé pomůže, když se jich během hodiny bude průběžně ptát na to, co dělají, jak to dělají a proč to dělají právě tímto způsobem.

5.3.2. Je dobré si rozmyslet, do jaké míry chceme studentům radit

Během experimentování se může stát, že studenti udělají nějakou chybu. Učitel má v takovém případě několik možností, co může udělat. Je ale dobré rozmyslet si ještě před začátkem experimentování, do jaké míry chceme studentům nasměrované a otevřené úrovně bádání napovídat.

První z možností je ihned studenty na chybu upozornit. V takovém případě by se ale mohlo stát, že studenti budou chtít provádět nějaký experiment, který učiteli přijde nesmyslný a studenty navede na jiný způsob měření. Původním postupem by ale studenti mohli dojít k zajímavým výsledkům, což si učitel nemusí uvědomit.

Druhá možnost je nechat studenty experimentovat i takovým způsobem, který učiteli přijde nevhodný. Může se stát, že si studenti svou chybu sami uvědomí. Pokud se to nestane a dojdou k nesprávnému závěru, učitel je na chybu upozorní. Musí ale být v tu chvíli přítomen a musí o chybě vědět.

Tato možnost se mi líbí nejvíce, je ale nejsložitěji proveditelná. Při tvorbě této práce se stalo, že ačkoliv se experimentování v určitou dobu účastnilo nejvýše 14 studentů a byli přítomni aspoň dva učitelé, jedna ze skupinek něco měřila špatně a ani jeden učitel si toho nevšiml.

Další možnost je nechat studenty provádět měření i s nějakou chybnou úvahou i s vědomím, že došli k nesprávnému závěru. Tento závěr jim učitel nebude vyvracet hned, ale po skončení měření se o něm studenti pobaví se zbytkem třídy na závěrečné reflexi. Tento způsob mi přijde nejméně vhodný, protože studenti si svůj chybný závěr mohou zapamatovat nebo na reflexi nemusí zbýt čas.

Některým chybám by šlo zabránit i tak, že se učitel při tvorbě PL pokusí odhalit, kde může dojít k problému a napíše to do zadání – alespoň na prvních dvou úrovních BOV.

5.3.3. Zajímavější zadání

Myslela jsem si, že badatelská výuka bude studenty bavit už jen proto, že je to jiný způsob výuky, než na jaký jsou zvyklí.

Měření hydrostatického tlaku na prvních dvou úrovních BOV studenty bavilo. Myslím si, že to mohlo být i proto, že měřili pomocí čidla, se kterým se do té doby nesetkali (viz kapitola 5.1.4.).

Zadání kyvadla na prvních dvou úrovních BOV některým studentům připadalo nudné a měli pocit, že měří stále to samé dokola. Jako zlepšení navrhovali měřit pomocí digitálních měřáků. Ačkoliv se občas klade důraz na běžné pomůcky, jako jsou špejle, provázky, svíčky apod., experimenty s těmito pomůckami pro studenty možná nejsou tak lákavé, jako experimenty s neznámými elektronickými zařízeními.

Mě po této zkušenosti napadlo, že bych i na prvních dvou úrovních zadání mohla studentům nechat možnost volby, například aby si sami vybrali hmotnost závaží nebo délku provázku. Měření by jim pak mohlo připadat zajímavější a víc „na úrovni“, studentům gymnázia asi není potřeba předepisovat délku provázku. Myslím tedy, že při tvorbě zadání nižších stupňů bádání je vhodné vyvarovat se příliš podrobných zadání.

Ze studentů s nasměřovaným nebo otevřeným zadáním nikdo nezmínil, že by měření bylo nudné.

5.3.4. Závěrečná reflexe

Na závěr experimentování je velmi vhodné udělat reflexi. Musíme s ní ale předem počítat a naplánovat si na ni dost času, zejména u vyšších stupňů bádání.

Během reflexe mohou studenti sdílet své postupy, mohou se pobavit o chybách, které při měření udělali a také se mohou objevit miskoncepce některých studentů. Na jednu jsem narazila při pročitání dotazníků, které studenti vyplňovali po experimentování (viz příloha č. 4).

Závěr

Byla provedena rešerše literatury zabývající se badatelsky orientovanou výukou (BOV) a její efektivitou. Následně jsem vytvořila čtyři pracovní listy odpovídající čtyřem úrovním BOV k experimentování s kyvadlem a hydrostatickým tlakem.

Studenti dvou tříd prvního ročníku čtyřletého gymnázia ze dvou různých škol pracovali podle vytvořených pracovních listů. Tito studenti před experimentováním vyplnili dotazník, který jsem vytvořila, a podle odpovědí jim byly přiřazeny různé úrovně bádání. Vytvořila jsem také dotazník, který studenti vyplnili ihned po skončení experimentování, a který zjišťoval, co se studenti při provádění experimentů naučili a jak experimentování samotné hodnotili.

Během práce byli studenti natáčeni na videokamery. Vytvořila jsem kódy popisující činnosti studentů při experimentování a použila je k okódování poloviny natočených videí (čtyř skupin pracujících s kyvadlem a čtyř skupin s hydrostatickým tlakem).

Analýzou těchto videí jsem získala následující poznatky:

- Nejčastějšími činnostmi studentů (kromě jedné skupiny, která se často věnovala nesouvisejícím činnostem) při experimentování byly práce s pomůckami a související komunikace.
- Práci s pomůckami strávily skupiny studentů přibližně polovinu doby. U skupin zabývajících se hydrostatickým tlakem klesala doba strávená prací s pomůckami s úrovní bádání. U skupin pracujících s kyvadlem strávily všechny skupiny práci s pomůckami zhruba stejnou dobu, což může být způsobeno větší časovou náročností měření periody kyvadla.
- Doba strávená čtením PL klesala u obou experimentů s úrovní bádání.
- Studenti pracující s otevřenou úrovní bádání strávili nejméně času zápisem do PL a prací s daty.
- Délka interakce s učitelem rostla s rostoucí úrovní bádání.
- Ukázalo se, že úroveň zadání BOV má vliv na činnosti studentů. Na potvrzující a strukturované úrovni jsme pozorovali, že s rostoucí dobou práce s daty a zápisu do PL ubývá související komunikace – studenti jen diktují naměřená data, ale příliš je nekomentují. U nasměrované a otevřené úrovně nastává opačná situace: s přibývajícím dobou práce s daty a zápisu do PL přibývá také související komunikace – studenti ve skupině diskutují výsledek měření.

- U všech úrovní jsme pozorovali, že s klesající dobou práce s pomůckami přibývá práce s daty a naopak – studenti se většinou věnují jen jedné z těchto činností.

Jedna ze skupin pracujících na nasměrované úrovni před experimentování nejdříve sepsala vlastní návod a podle něj pak experiment prováděla. Něco takového by se studenti měli naučit dělat pokaždé.

Z rozhovorů se studenty vyplynulo, že je pro ně zajímavější měření, při kterém používají nové pomůcky, které neznají.

Otevřené bádání je vnímáno jako náročné jak pro studenty, tak pro učitele, což se nám skutečně potvrdilo. Studenti, kteří s bádáním nemají zkušenosti, nemusí vůbec vědět, co se od nich u otevřeného zadání očekává. Pro učitele je tento způsob výuky náročný především proto, že je obtížné mít neustále přehled o tom, co studenti provádějí a uhlídat, aby nikdo z nich nedošel k nesprávnému závěru. Proto je určitě lepší pracovat jen s polovinou třídy a počítat s dostatečným prostorem na reflexi, kde se případné nejasnosti vysvětlí a učitel se může se studenty bavit nejen o výsledcích experimentování, ale také o způsobech, jak jich dosáhli – tj. nejde ani tak o to CO zjistili, ale JAK k výsledkům došli.

Seznam použité literatury

BALES, R. F. (1950). A set of categories for the analysis of small group interaction. *American Sociological Review*, 15(2), 257-263.

Dostupné z: www.jstor.org/stable/2086790

BANCHI, H., BELL, R. (2008). The many levels of inquiry. *Science and Children*, October, 26–29. ISSN-0036-8148.

Dostupné z: <http://www.gstbooces.org/stem/docs/2019STEMArticle-Many-Levels-of-Inquiry.pdf>

BUNTERM, T., LEE, K., KONG, J., SRIKOON, S., VANGPOOMYAJ, P., RATTANAVONGSA, J., RACHAHOON, G. (2014). Do different levels of inquiry lead to different learning outcomes? A comparison between guided and structured inquiry. *International Journal of Science Education*, 36(12), 1937-1959.

CHANG, C. Y., MAO, S. L. (1999). Comparison of Taiwan science students' outcomes with inquiry-group versus traditional instruction. *The Journal of Educational Research*, 92(6), 340-346.

COBERN, W., SCHUSTER, D., ADAMS, B., APPLGATE, B., SKJOLD, B., UNDREIU, A., LOVING, C. C., GOBERT, J. (2010). Experimental comparison of inquiry and direct instruction in science. *Research in Science & Technological Education*, 28(1), 81-96.

DOSTÁL, J. (2013). Experiment jako součást badatelsky orientované výuky. *Trendy ve vzdělávání*, 9-19. ISSN 1805-8949.

Dostupné z: <https://tvv-journal.upol.cz/pdfs/tvv/2013/01/02.pdf>

DOSTÁL, J. (2015). Badatelsky orientovaná výuka a kompetence učitele k její realizaci. *Journal of Technology and Information Education*, 7(1), 7-34. ISSN 1803-537X.

MAREŠ, J. (2015). Tvorba případových studií pro výzkumné účely. *Pedagogika*, 65(2), 113–142. Dostupné z:

https://pages.pedf.cuni.cz/pedagogika/?attachment_id=11271&edmc=11271

NAJVAR, P.; NAJVAROVÁ, V.; JANÍK, T.; ŠEBESTOVÁ, S. (2011). *Videostudie v pedagogickém výzkumu*. První vydání. Brno: Paido. ISBN 978-80-7315-222-2

ROKOS, L., VOMÁČKOVÁ, V. (2017). Hodnocení efektivity badatelsky orientovaného vyučování v laboratorních pracích při výuce fyziologie člověka na základní škole a nižším stupni gymnázia. *Scientia in educatione*, 8(1), 32–45. ISSN 1804-710.

Dostupné z: <https://doi.org/10.14712/18047106.365>

SVATOŇ, T. (2013). Kategoriální systém podle Flanderse při evaluaci výuky v současné základní škole. *Pedagogika*, 63(2), 111-127. Dostupné z:

https://pages.pedf.cuni.cz/pedagogika/?attachment_id=574&edmc=574

TESCH, M. (2005). Coding manual – Experiments in physics lessons. *How to run a videostudy*. Waxmann. ISBN 3-8309-1569-1.

Přílohy

Příloha č. 1: Pracovní listy

V této příloze jsou pracovní listy k experimentování s kyvadlem a hydrostatickým tlakem na čtyřech úrovních BOV.

Na čem závisí perioda kyvadla?

Cíl

Studenti ověří, že perioda kyvadla závisí na jeho délce a nezávisí na hmotnosti závaží ani na velikosti výchylky, pokud je výchylka malá.

Teorie

Kyvadlo je jakékoliv těleso zavěšené nad těžištěm, které se může volně otáčet kolem pevné osy procházející bodem závěsu. V historii bylo kyvadlo využíváno k měření času, vykonává periodický pohyb a dobu jednoho kmitu kyvadla (periodu) bylo snadno možné změnit.

Periodický děj je takový děj, který se po nějakém čase neustále opakuje. Typické periodické fyzikální děje jsou kmitání a vlnění. Doba, po které se systém dostane znovu do výchozího stavu, se nazývá perioda a značíme ji T . Periodu měříme v sekundách.

Perioda kyvadla závisí na jeho délce l a tíhovém zrychlení g . Můžeme ji vypočítat ze vztahu

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \quad (1)$$

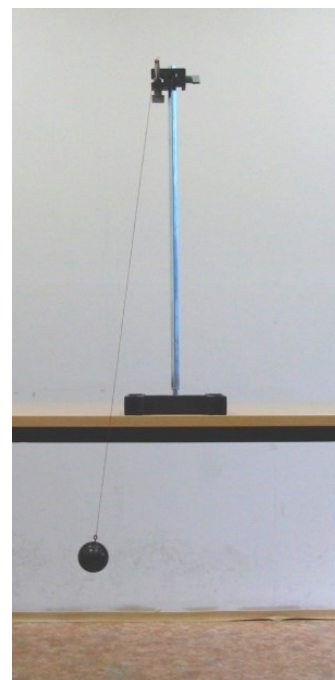
Tento vztah však platí pouze pro malé výchylky kyvadla. Ze vztahu (1) je zřejmé, že perioda kyvadla nezávisí na hmotnosti zavěšeného předmětu.

Pomůcky

- stojan, tyčka
- 4 závaží o různých hmotnostech (50 g, 100 g, 200 g a 400 g)
- stopky, kalkulačka
- papír, tužka, samolepicí papírky
- provázek, nůžky, metr

Příprava měření

1. Na okraj lavice postavte stojan s vodorovně upevněnou tyčkou (tyčka by měla být alespoň ve výšce 130 cm nad zemí). Tyčku využijeme jako závěs kyvadla.
2. Přivažte závaží o hmotnosti 100 g k jednomu konci provázku a provázek upevněte k tyčce na stojanu tak, aby vzdálenost od tyčky k těžišti závaží byla 120 cm.



Úkol 1: Ověřte, že perioda nezávisí na velikosti výchylky

1. Lepicími papírky udělejte si na zemi značky ve vzdálenosti 5 cm, 10 cm, 15 cm a 20 cm od rovnovážné polohy kyvadla.
2. Vychylte závaží do vzdálenosti 5 cm a třikrát změřte 10 period kyvadla.
3. Vypočítejte průměrnou periodu kyvadla.
4. Body 2. a 3. opakujte i pro další 3 výchylky kyvadla.

Tabulka 1: Perioda kyvadla v závislosti na velikosti výchylky

velikost výchylky	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm
10 period (změřte pro každou délku 3x)				
1 perioda (průměr)				

Mění se perioda kyvadla se změnou jeho výchylky?

Úkol 2: Ověřte, že perioda závisí na délce kyvadla

Měření v úkolu 2 provádějte se závažím o hmotnosti 100 g.

1. Sestavte kyvadlo, které bude mít vzdálenost závěsu od závaží 120 cm.
2. Třikrát změřte dobu 10 period (tj. dobu, za kterou se kyvadlo 10x vrátí do počáteční polohy) a výsledky měření zapište do tabulky 2.
3. Aritmetickým průměrem vypočítejte periodu 1 kmitu kyvadla a doplňte ji do tabulky 2.
4. Kroky 1. - 3. opakujte s kyvadlem o délce 90 cm a 60 cm.

Kyvadlo – potvrzující úroveň

Tabulka 2: Perioda kyvadla v závislosti na jeho délce

délka kyvadla	60 cm	90 cm	120 cm
10 period (změřte pro každou délku 3x)			
1 perioda (průměr)			

Je perioda kyvadla přímo úměrná odmocnině z jeho délky (viz vztah (1))?

Úkol 3: Ověřte, že perioda nezávisí na hmotnosti závaží

Následující měření provádějte s kyvadlem o délce 120 cm.

1. Zavěste na kyvadlo závaží o hmotnosti 50 g a nechte jej kývat.
2. Třikrát změřte dobu 10 period a запиšte ji do tabulky 3.
3. Aritmetickým průměrem vypočítejte 1 periodu kyvadla.
4. Kroky 1. – 3. opakujte pro další 3 závaží.

Tabulka 3: Perioda kyvadla v závislosti na hmotnosti závaží

hmotnost závaží	50 g	100 g	200 g	400 g
10 period (změřte pro každou délku 3x)				
1 perioda (průměr)				

Mění se perioda kyvadla se změnou hmotnosti zavěšeného závaží?

Úkol 4: Vypočítejte velikost tíhového zrychlení

Vyberte si jednu z naměřených hodnot period kyvadla a ze vztahu (1) vypočítejte velikost tíhového zrychlení g .

Závěr

Potvrdilo vaše měření očekávané závislosti?

Kde mohly během měření vzniknout nepřesnosti a které považujete za ty nejzásadnější?

Na čem závisí perioda kyvadla?

Cíl

Studenti experimentálně zjistí, zda perioda kyvadla závisí na délce kyvadla, hmotnosti závaží a velikosti výchylky.

Teorie

Kyvadlo je jakékoliv těleso zavěšené nad těžištěm, které se může volně otáčet kolem pevné osy procházející bodem závěsu. V historii bylo kyvadlo využíváno k měření času, vykonává periodický pohyb a dobu jednoho kmitu kyvadla (periodu) bylo snadno možné změnit.

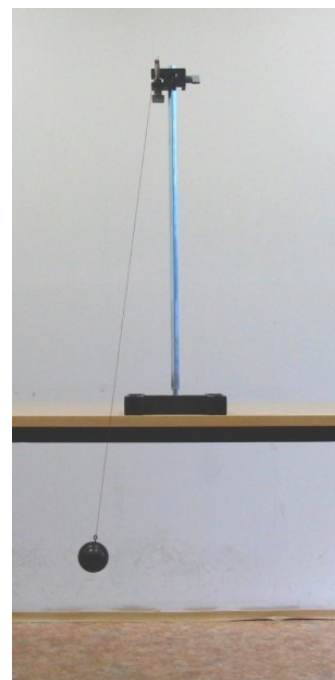
Periodický děj je takový děj, který se po nějakém čase neustále opakuje. Typické periodické fyzikální děje jsou kmitání a vlnění. Doba, po které se systém dostane znovu do výchozího stavu, se nazývá perioda a značíme ji T . Periodu měříme v sekundách.

Pomůcky

- stojan, tyčka
- háček na zavěšení závaží
- 4 závaží o různých hmotnostech (50 g, 100 g, 200 g a 400 g)
- provázek, nůžky, metr
- papír, tužka, samolepicí papírky
- stopky, kalkulačka

Příprava měření

1. Na okraj lavice postavte stojan s vodorovně upevněnou tyčkou (tyčka by měla být alespoň ve výšce 130 cm nad zemí). Tyčku využijeme jako závěs kyvadla.
2. Přivažte závaží o hmotnosti 100 g k jednomu konci provázku a provázek upevněte k tyčce na stojanu tak, aby vzdálenost od tyčky k těžišti závaží byla 120 cm.



Úkol 1: Závisí perioda kyvadla na velikosti výchylky?

1. Lepicími papírkami udělejte si na zemi značky ve vzdálenosti 5 cm, 10 cm, 15 cm a 20 cm od rovnovážné polohy kyvadla.
2. Vychylte závaží do vzdálenosti 5 cm a třikrát změřte 10 period kyvadla.
3. Vypočítejte průměrnou periodu kyvadla.
4. Body 2. a 3. opakujte i pro další 3 výchylky kyvadla.

Tabulka 1: Perioda kyvadla v závislosti na velikosti výchylky

velikost výchylky	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm
10 period (změřte pro každou délku 3x)				
1 perioda (průměr)				

Má velikost výchylky kyvadla vliv na jeho periodu?

Úkol 2: Závisí perioda kyvadla na jeho délce?

Měření v úkolu 2 provádějte se závažím o hmotnosti 100 g.

1. Sestavte kyvadlo, které bude mít vzdálenost závěsu od závaží 120 cm.
2. Třikrát změřte dobu 10 period (tj. dobu, za kterou se kyvadlo 10x vrátí do počáteční polohy) a výsledky měření zapište do tabulky 2.
3. Aritmetickým průměrem vypočítejte periodu 1 kmitu kyvadla a doplňte ji do tabulky 2.
4. Kroky 1. - 3. opakujte s kyvadlem o délce 90 cm a 60 cm.

Kyvadlo – strukturovaná úroveň

Tabulka 2: Perioda kyvadla v závislosti na jeho délce

délka kyvadla	60 cm	90 cm	120 cm
10 period (změřte pro každou délku 3x)			
1 perioda (průměr)			

Má délka kyvadla vliv na jeho periodu? Pokud ano, jak se perioda mění se změnou délky kyvadla?

Úkol 3: Závisí perioda kyvadla na hmotnosti závaží?

Následující měření provádějte s kyvadlem o délce 120 cm.

1. Zavěste na kyvadlo závaží o hmotnosti 50 g a nechte jej kývat.
2. Třikrát změřte dobu 10 period a запиšte ji do tabulky 3.
3. Aritmetickým průměrem vypočítejte 1 periodu kyvadla.
4. Kroky 1. – 3. opakujte pro další 3 závaží.

Tabulka 3: Perioda kyvadla v závislosti na hmotnosti závaží

hmotnost závaží	50 g	100 g	200 g	400 g
10 period (změřte pro každou délku 3x)				
1 perioda (průměr)				

Má hmotnost závaží vliv na periodu kyvadla? Pokud ano, jak se perioda mění se změnou hmotnosti?

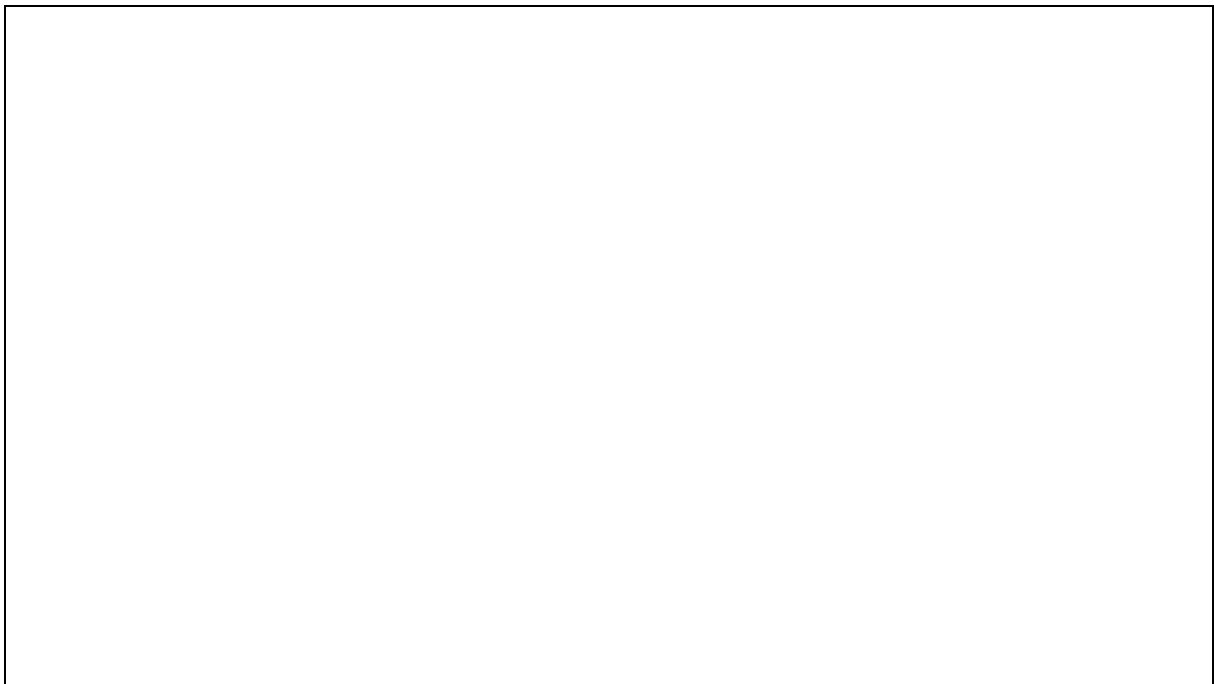
Závěr

Na kterých fyzikálních veličinách závisí perioda kyvadla? A na kterých naopak nezávisí?

O jaký typ závislosti se u jednotlivých veličin jedná?



Kde mohly během měření vzniknout nepřesnosti a které považujete za ty nejzásadnější?



Na čem závisí perioda kyvadla?

Cíl

Studenti navrhnu experimenty, kterými lze zjistit, zda perioda kyvadla závisí na délce kyvadla, hmotnosti závaží a velikosti výchylky. Následně tyto experimenty provedou a závislosti ověří.

Teorie

Kyvadlo je jakékoliv těleso zavěšené nad těžištěm, které se může volně otáčet kolem pevné osy procházející bodem závěsu. V historii bylo kyvadlo využíváno k měření času, vykonává periodický pohyb a dobu jednoho kmitu kyvadla (periodu) bylo snadno možné změnit.

Periodický děj je takový děj, který se po nějakém čase neustále opakuje. Typické periodické fyzikální děje jsou kmitání a vlnění. Doba, po které se systém dostane znovu do výchozího stavu, se nazývá perioda a značíme ji T . Periodu měříme v sekundách.

Pomůcky

- stojan, tyčka
- háček na zavěšení závaží
- 4 závaží o různých hmotnostech (50 g, 100 g, 200 g a 400 g)
- provázek, nůžky, metr
- papír, tužka, samolepicí papírky
- stopky, kalkulačka

Úkoly

1. Experimentálně zjistěte, zda perioda kyvadla závisí na velikosti výchylky.
2. Experimentálně zjistěte, zda perioda kyvadla závisí na jeho délce.
3. Experimentálně zjistěte, zda perioda kyvadla závisí na hmotnosti závaží.

Závěr

Jak jste zjišťovali, zda má **velikost výchylky** vliv na periodu kyvadla?

Jak jste zjišťovali, zda má **délka kyvadla** vliv na jeho periodu?

Jak jste zjišťovali, zda má **hmotnost závaží** vliv na periodu kyvadla?

Kyvadlo – nasměřovaná úroveň

Které fyzikální veličiny mají vliv na periodu kyvadla? A které naopak ne?



Kde mohly během měření vzniknout nepřesnosti a které považujete za ty nejzásadnější?



Na čem závisí perioda kyvadla?

Cíl

Studenti navrhnu fyzikální veličiny, na kterých by mohla záviset perioda kyvadla. Následně experimentálně ověří, zda perioda na těchto veličinách skutečně závisí.

Teorie

Kyvadlo je jakékoliv těleso zavěšené nad těžištěm, které se může volně otáčet kolem pevné osy procházející bodem závěsu. V historii bylo kyvadlo využíváno k měření času, vykonává periodický pohyb a dobu jednoho kmitu kyvadla (periodu) bylo snadno možné změnit.

Periodický děj je takový děj, který se po nějakém čase neustále opakuje. Typické periodické fyzikální děje jsou kmitání a vlnění. Doba, po které se systém dostane znovu do výchozího stavu, se nazývá perioda a značíme ji T . Periodu měříme v sekundách.

Pomůcky

Můžete použít připravené pomůcky nebo požádat vyučující o další.

- stojan, tyčka
- háček na zavěšení závaží
- závaží o různých hmotnostech, různé předměty s háčky, váhy
- provázek, nůžky, metr
- papír, tužka, samolepicí papírky
- stopky, kalkulačka

Úkoly

1. Navrhněte a napište veličiny, na kterých by mohla záviset perioda kyvadla.
2. Navrhněte experimenty, kterými by bylo možné tyto závislosti ověřit.
3. Vámi navržené experimenty proveďte a zjistěte, zda a jakým způsobem perioda na těchto veličinách závisí.

Závěr

Které veličiny jste si vybrali k ověření, zda mají vliv na periodu kyvadla?

Jakým způsobem jste zjišťovali, které fyzikální veličiny ovlivňují periodu kyvadla?

Které fyzikální veličiny mají vliv na periodu kyvadla?

Kde mohly během měření vzniknout nepřesnosti a které považujete za ty nejzásadnější?

Na čem závisí hydrostatický tlak?**Cíl**

Studenti experimentálně ověří, že hydrostatický tlak závisí na hloubce i na druhu kapaliny a nezávisí na ploše hladiny kapaliny či objemu kapaliny.

Teorie

Na kapalinu v tíhovém poli Země působí tíhová síla F_G . Každá molekula vody tlačí svou tíhou na níže umístěné molekuly. V kapalině tedy působí hydrostatická síla F_h a spolu s ní hydrostatický tlak p_h .

Hydrostatická síla, působící na dno nádoby, nezávisí na tvaru nádoby. Tato síla je přímo úměrná hloubce v kapalině h , obsahu dna S , hustotě kapaliny ρ a tíhovému zrychlení g . Platí pro ni vztah

$$F_h = hS\rho g. \quad (1)$$

Hydrostatický tlak v kapalině vzniká působením hydrostatické síly. Vypočítáme ho jako podíl hydrostatické síly F_h a plochy S , na níž tato síla působí. Platí pro něj vztah

$$p_h = h\rho g. \quad (2)$$

Pomůcky

- voda, líh
- 2 odměrné válce o různých průměrech (označené písmeny A a B)
- pravítko, fixa (která píše na sklo) nebo lepicí papírky
- měřič tlaku

Úkol 1: Závislost hydrostatického tlaku na hloubce v kapalině

1. Odměrný válec s menším průměrem (označený B) naplňte vodou.
2. Fixou nebo lepicím papírkem udělejte na válci značky 4 cm, 8 cm, 12 cm, 16 cm a 20 cm pod hladinou vody.
3. V každé z označených hloubek změřte třikrát tlak a naměřené hodnoty doplňte do tabulky 1.
4. Vypočítejte aritmetický průměr tlaků v jednotlivých hloubkách.

Tabulka 1: Tlak vody naměřený v různých hloubkách ve válci B

hloubka h [cm]	0	4	8	12	16	20
tlak p_h [kPa]						
průměrný tlak						

Hydrostatický tlak – potvrzující úroveň

Závisí hydrostatický tlak na hloubce?

Úkol 2: Závislost hydrostatického tlaku na ploše hladiny

1. Vodu z odměrného válce B přelijte do válce A s větším průměrem.
2. Fixou nebo lepícím papírkem udělejte na válci A značky 4 cm, 8 cm, 12 cm, 16 cm a 20 cm pod hladinou vody (pokud bude hladina vody níže než 20 cm nad dnem válce, udělejte na válci méně značek)
3. V každé z označených hloubek změřte třikrát tlak a naměřené hodnoty doplňte do tabulky 2.
4. Vypočítejte aritmetický průměr tlaků v jednotlivých hloubkách.

Tabulka 2: Tlak vody naměřený v různých hloubkách ve válci A

hloubka h [cm]	0	4	8	12	16	20
tlak p_h [kPa]						
průměrný tlak						

Závisí hydrostatický tlak na velikosti plochy hladiny? (Porovnejte hodnoty v tabulce 1 s hodnotami v tabulce 2.)

Hydrostatický tlak – potvrzující úroveň

Úkol 3: Závislost hydrostatického tlaku na objemu kapaliny

1. Odměrný válec A naplňte celý vodou.
2. Na válci udělejte nové značky 4 cm, 8 cm, 12 cm, 16 cm a 20 cm pod hladinou vody.
3. V každé z označených hloubek změřte třikrát tlak a naměřené hodnoty doplňte do tabulky 3.
4. Vypočítejte aritmetický průměr tlaků v jednotlivých hloubkách.

Tabulka 3: Tlak vody naměřený v různých hloubkách ve válci A

hloubka h [cm]	0	4	8	12	16	20
tlak p_h [kPa]						
průměrný tlak						

Závisí hydrostatický tlak na celkovém objemu kapaliny ve válci? (Porovnejte hodnoty v tabulce 3 s hodnotami v tabulce 2.)

Úkol 4: Závislost hydrostatického tlaku na druhu kapaliny

1. Odměrný válec B naplňte lihem.
2. Udělejte na válci značky 4 cm, 8 cm, 12 cm, 16 cm a 20 cm pod hladinou lihu.
3. V každé z označených hloubek změřte třikrát tlak a naměřené hodnoty doplňte do tabulky 4.
4. Vypočítejte aritmetický průměr tlaků v jednotlivých hloubkách.

Tabulka 4: Tlak lihu naměřený v různých hloubkách ve válci B

hloubka h [cm]	0	4	8	12	16	20
tlak p_h [kPa]						
průměrný tlak						

Hydrostatický tlak – potvrzující úroveň

Liší se tlak naměřený ve válci B s lihem od hodnot naměřených ve válci B s vodou? (Porovnejte hodnoty v tabulce 4 s hodnotami v tabulce 1.)

Závěr

Potvrdilo vaše měření očekávané závislosti?

Kde mohly během měření vzniknout nepřesnosti a které považujete za ty nejzásadnější?

Na čem závisí hydrostatický tlak?

Cíl

Studenti experimentálně zjistí, zda hydrostatický tlak závisí na hloubce, druhu kapaliny, ploše hladiny a celkovém objemu kapaliny.

Teorie

Na kapalinu v tíhovém poli Země působí tíhová síla F_G . Každá molekula vody tlačí svou tíhou na níže umístěné molekuly. V kapalině tedy působí hydrostatická síla F_h a spolu s ní hydrostatický tlak p_h .

Pomůcky

- voda, líh
- 2 odměrné válce o různých průměrech (označené písmeny A a B)
- pravítko, fixa nebo lepicí papírky
- měřič tlaku

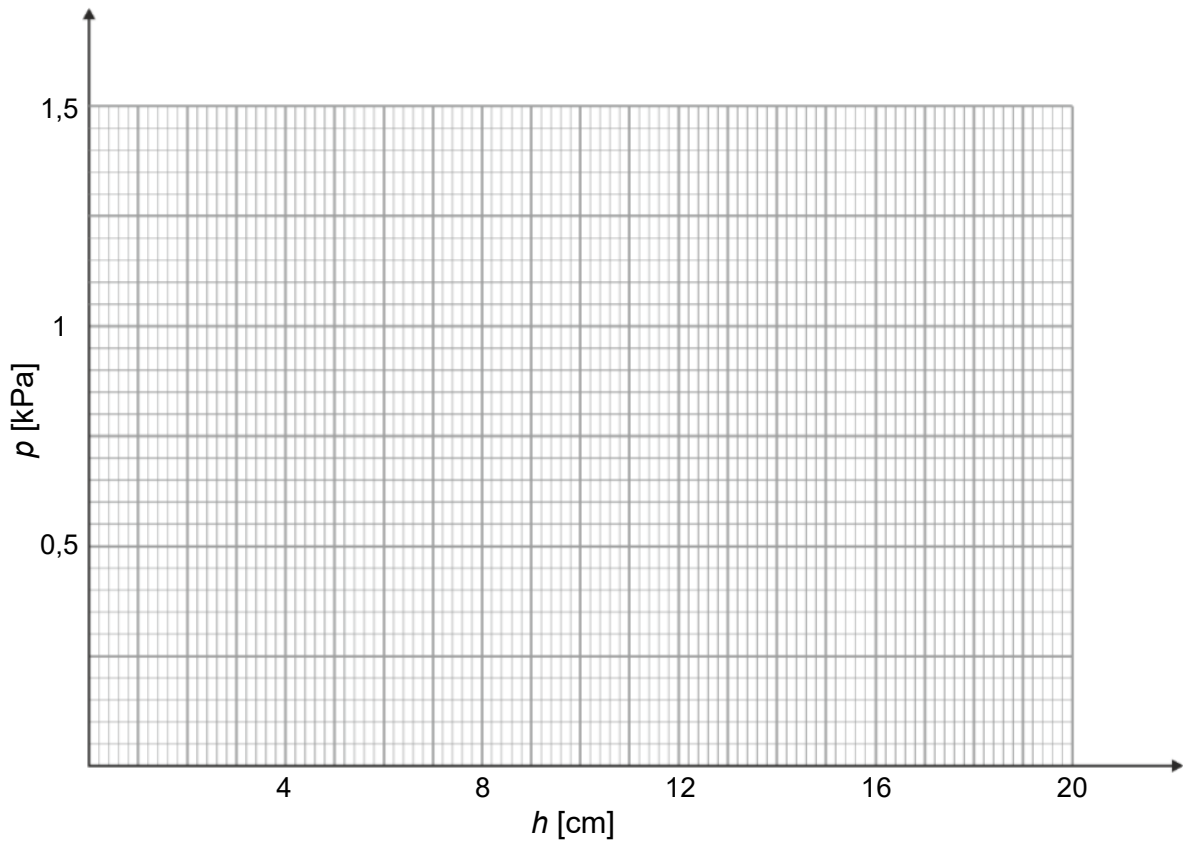
Úkol 1: Závislost hydrostatického tlaku na hloubce v kapalině

1. Odměrný válec s menším průměrem (označený B) naplňte vodou.
2. Fixou nebo lepicím papírkem udělejte na válci značky 4 cm, 8 cm, 12 cm, 16 cm a 20 cm pod hladinou vody.
3. V každé z označených hloubek změřte třikrát tlak a naměřené hodnoty doplňte do tabulky 1.
4. Vypočítejte aritmetický průměr tlaků v jednotlivých hloubkách.
5. Vytvořte graf závislosti tlaku vody na hloubce.

Tabulka 1: Tlak vody naměřený v různých hloubkách ve válci B

hloubka h [cm]	0	4	8	12	16	20
tlak p_h [kPa]						
průměrný tlak						

Hydrostatický tlak – strukturovaná úroveň



Závisí hydrostatický tlak na hloubce? Pokud ano, dokážete tuto závislost pojmenovat?

Úkol 2: Závislost hydrostatického tlaku na ploše hladiny

1. Vodu z odměrného válce B přelijte do válce A s větším průměrem.
2. Fixou nebo lepícím papírkem udělejte na válci A značky 4 cm, 8 cm, 12 cm, 16 cm a 20 cm pod hladinou vody (pokud bude hladina vody níže než 20 cm nad dnem válce, udělejte na válci méně značek)
3. V každé z označených hloubek změřte třikrát tlak a naměřené hodnoty doplňte do tabulky 2.
4. Vypočítejte aritmetický průměr tlaků v jednotlivých hloubkách.

Hydrostatický tlak – strukturovaná úroveň

Tabulka 2: Tlak vody naměřený v různých hloubkách ve válci A

hloubka h [cm]	0	4	8	12	16	20
tlak p_h [kPa]						
průměrný tlak						

Závisí hydrostatický tlak na velikosti plochy hladiny kapaliny? (Porovnejte tabulku 2 s tabulkou 1.)
Pokud na velikosti plochy hladiny závisí, dokážete tuto závislost pojmenovat?

Úkol 3: Závislost hydrostatického tlaku na objemu kapaliny

1. Odměrný válec A naplňte celý vodou.
2. Na válci udělejte nové značky 4 cm, 8 cm, 12 cm, 16 cm a 20 cm pod hladinou vody.
3. V každé z označených hloubek změřte třikrát tlak a naměřené hodnoty doplňte do tabulky 3.
4. Vypočítejte aritmetický průměr tlaků v jednotlivých hloubkách.

Tabulka 3: Tlak vody naměřený v různých hloubkách ve válci A

hloubka h [cm]	0	4	8	12	16	20
tlak p_h [kPa]						
průměrný tlak						

Závisí hydrostatický tlak na celkovém objemu kapaliny ve válci? (Porovnejte tabulku 3 s tabulkou 2.)

Hydrostatický tlak – strukturovaná úroveň

Úkol 4: Závislost hydrostatického tlaku na druhu kapaliny

1. Odměrný válec B naplňte lihem.
2. Na válci udělejte značky 4 cm, 8 cm, 12 cm, 16 cm a 20 cm pod hladinou vody.
3. V každé z označených hloubek změřte třikrát tlak a naměřené hodnoty doplňte do tabulky 4.
4. Vypočítejte aritmetický průměr tlaků v jednotlivých hloubkách.

Tabulka 4: Tlak lihu naměřený v různých hloubkách ve válci B

hloubka h [cm]	0	4	8	12	16	20
tlak p_h [kPa]						
průměrný tlak						

Závisí hydrostatický tlak na druhu kapaliny? (Porovnejte tabulku 4 s tabulkou 1.)

Hydrostatický tlak – strukturovaná úroveň

Závěr

Na kterých fyzikálních veličinách závisí velikost hydrostatického tlaku? O jakou závislost se u jednotlivých veličin jedná?

Kde mohly během měření vzniknout nepřesnosti a které považujete za ty nejzásadnější?

Na čem závisí hydrostatický tlak?

Cíl

Studenti navrhnu experimenty, kterými lze zjistit, zda hydrostatický tlak závisí na hloubce, ploše hladiny kapaliny, celkovém objemu a druhu kapaliny. Tyto experimenty následně provedou a závislosti ověří.

Teorie

Na kapalinu v tíhovém poli Země působí tíhová síla F_G . Každá molekula vody tlačí svou tíhou na níže umístěné molekuly. V kapalině tedy působí hydrostatická síla F_h a spolu s ní hydrostatický tlak p_h .

Pomůcky

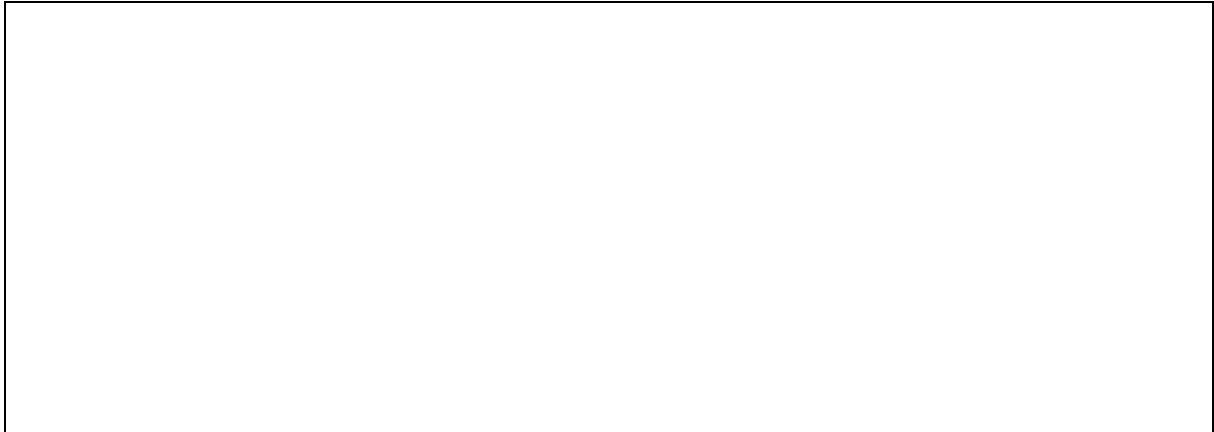
- voda, líh
- 2 odměrné válce o různých průměrech (označené písmeny A a B)
- pravítko, fixa nebo lepicí papírky
- měřič tlaku

Úkoly

1. Experimentálně ověřte, zda hydrostatický tlak závisí na hloubce v kapalině.
2. Ověřte, zda hydrostatický tlak závisí na ploše hladiny kapaliny.
3. Ověřte, zda hydrostatický tlak závisí na celkovém objemu kapaliny.
4. Ověřte, zda hydrostatický tlak závisí na druhu kapaliny. Pokud ano, na které konkrétní vlastnosti kapaliny by mohl záviset?

Závěr

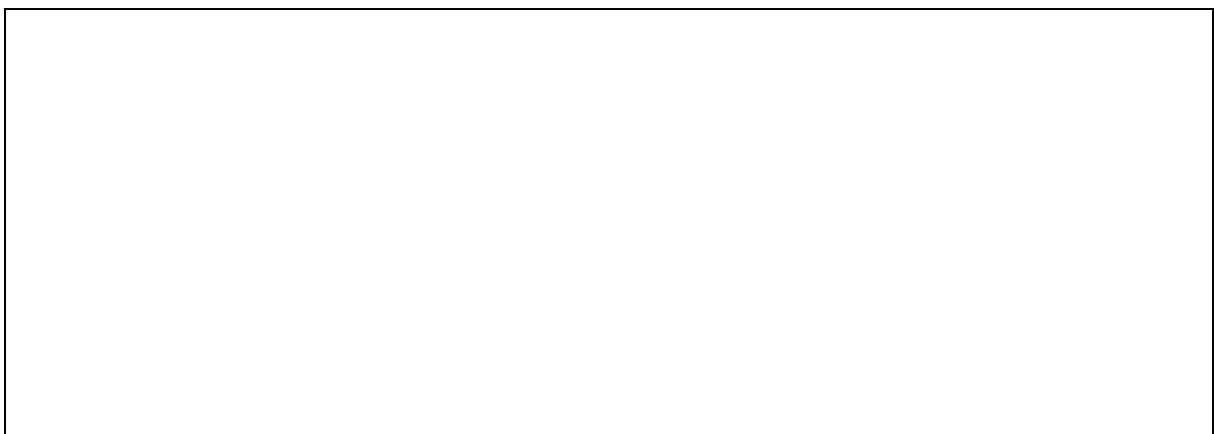
Jak jste ověřovali vliv **hloubky** na hydrostatický tlak?



Jak jste ověřovali vliv **velikosti plochy hladiny kapaliny** na hydrostatický tlak?



Jak jste ověřovali vliv **celkového objemu kapaliny** na hydrostatický tlak?



Hydrostatický tlak – nasměrovaná úroveň

Jak jste ověřovali vliv **druhu kapaliny** na hydrostatický tlak? Na které konkrétní vlastnosti kapalin by hydrostatický tlak mohl záviset?

Které fyzikální veličiny mají vliv na velikost hydrostatického tlaku kapaliny? A které naopak nemají?

Kde mohly během měření vzniknout nepřesnosti a které považujete za ty nejzásadnější?

Na čem závisí hydrostatický tlak?

Cíl

Studenti experimentálně zjistí, na kterých veličinách závisí a na kterých nezávisí hydrostatický tlak.

Teorie

Na kapalinu v tíhovém poli Země působí tíhová síla F_G . Každá molekula vody tlačí svou tíhou na níže umístěné molekuly. V kapalině tedy působí hydrostatická síla F_h a spolu s ní hydrostatický tlak p_h .

Pomůcky

Můžete použít připravené pomůcky nebo požádat vyučující o další.

- voda, líh
- 2 odměrné válce o různých průměrech (označené písmeny A a B)
- pravítko, fixa nebo lepicí papírky

Úkoly

1. Zamyslete se a запиšte, na čem by mohl záviset hydrostatický tlak.
2. Navrhněte experimenty, kterými by bylo možné tyto závislosti ověřit.
3. Vámi navržené experimenty proveďte a zjistěte, na kterých veličinách hydrostatický tlak závisí a na kterých nezávisí.

Závěr

Které fyzikální veličiny jste si vybrali k ověření, zda mají vliv na hydrostatický tlak?

Jakým způsobem jste zjišťovali, které fyzikální veličiny ovlivňují hydrostatický tlak?

Které fyzikální veličiny mají vliv na velikost hydrostatického tlaku kapaliny?

Kde mohly během měření vzniknout nepřesnosti a které považujete za ty nejzásadnější?

Příloha č. 2: Dotazník před experimentováním

	určitě ano	spíše ano	spíše ne	určitě ne
Máš rád pořádek?				
Když děláš něco nového, držíš se návodu?				
Baví tě fyzika?				
Máš uspořádané ikony na ploše počítače?				
Zkoušíš rád nové věci?				
Když nevíš, jak postupovat, zeptáš se hned spolužáka?				
Vymýšlíš rád svůj vlastní postup?				
Baví tě matematika?				
Necháš si poradit?				
Vadí ti chaos?				
Když nevíš, jak postupovat, zeptáš se hned vyučujícího?				

Seřaď následující činnosti od 1. (nejvíce) do 4. (nejméně):

	výklad učitele	počítání příkladů	sledování pokusů, které předvádí učitel	moje samostatné experimentování
Co tě nejvíce baví?				
Kde se nejvíce naučíš?				

Příloha č. 3: Dotazník po experimentování

- Jak se ti pracovalo se zadáním? Zhodnoť jeho podrobnost, jasnost, srozumitelnost a zdůvodni hodnocení.

- Co nového ses při experimentování naučil?

- Připadalo ti měření složité?
 - Proč ano/ne?

- Nastal během experimentování nějaký problém? V čem?

- Které nepřesnosti v měření mohly být způsobené vaším postupem provedení experimentu?

Dotazník po experimentování – kyvadlo

- Necháme-li kyvadlo délky 15 m kývat, můžeme změřit jeho periodu. Následně závěs tohoto kyvadla zkrátíme na 1,5 m. Bude se perioda nového kratšího kyvadla lišit od periody původního kyvadla? Pokud ano, jak?

- Pokud kyvadlo vychýlíme a necháme jej kmitat, můžeme změřit jeho periodu. Následně kyvadlo vychýlíme méně a opět jej necháme kmitat. Změní se perioda kyvadla? Pokud ano, jak?

- Představte si, že na kyvadlo postupně zavěsíme dvě závaží, jedno o hmotnosti 50 g a druhé 500 g. Bude se lišit perioda kyvadla s těmito závažími? Pokud ano, jak?

- Mějme kyvadlo délky 2 m, na němž je zavěšeno závaží o hmotnosti 400 g. Lišila by se perioda tohoto kyvadla na Zemi a na Měsíci? Pokud ano, jak?

Dotazník po experimentování – hydrostatický tlak

- Mějme dvě nádoby, v jedné je voda a ve druhé rtuť. Změříme-li v obou nádobách hydrostatický tlak ve stejné hloubce, budou se naměřené hodnoty lišit? Pokud ano, jak?
- Hrneček a vanu naplníme vodou. Změříme-li hydrostatický tlak v hloubce 4 cm pod hladinou, bude se jeho hodnota v hrnečku a ve vaně lišit? Pokud ano, jak?
- Odměrný válec je asi do poloviny naplněný vodou. Změní se hydrostatický tlak u dna válce, když do něho přilijeme vodu? Pokud ano, jak?
- Kbelík naplníme asi do poloviny vodou a 10 cm pod hladinou změříme hydrostatický tlak. Následně kbelík naplníme vodou až po okraj a opět změříme hydrostatický tlak 10 cm pod hladinou. Budou se tyto dvě naměřené hodnoty hydrostatického tlaku lišit? Pokud ano, jak?

Příloha č. 4: Oskenované ukázky dotazníků a pracovních listů

V této příloze jsou vybrány ukázky některých prací studentů a vyplněných dotazníků, které ilustrují zajímavé prvky jejich aktivity.

Na této stránce jsou poznámky skupiny studentů experimentujících s hydrostatickým tlakem na nasměrované úrovni. Tato skupina si nejdříve rozmyslela a sepsala jednotlivé kroky experimentování a až poté začala experiment provádět.

A. DNO - 0,85 kPa
B. DNO - 1,52 kPa

Hydrostatický tlak závisí na ploše kapaliny.

2) ^{Měřít} Těleso ponoříme nejprve do válce s tlustším hrdlem a poté do válce s tenčím hrdlem. Porovnáme naměřené hodnoty. Kapaliny sudouh mit stejný objem. B - 1,41 kPa A - 1,29 kPa

stejná výška hladiny, jiný objem

B - 143	1,33	1,41	1,40
---------	------	------	------

1, Ponoříme měřítke různé hloubky a sledujeme výsledky. Nalij

150 ml	1,35 kPa	1,01 kPa	0,46 kPa	0,00 kPa	AVO
	DNO	50	100	150 - HLADINA	

3, Do stejného válce naměříme 2 různé objemy kapaliny, do obou ponoříme měřítke a porovnáme naměřené hodnoty.

90 ml - 0,85 kPa
190 ml - 1,66 kPa

Objem kapaliny ovlivňuje hydrostatický tlak.

4, Nejprve nalejeme vodu do válce, poté do něj ponoříme měřítke. Poté vodu ulejeme a nalijeme stejné množství lihu do stejného válce. Znovu změříme a porovnáme naměřené hodnoty.

Ano závisí, závisí na hustotě.

voda - 50 ml = 1,01 kPa
lih - 50 ml = 0,28 kPa

2)

81	84	137
↑	↑	↑
76	79	135
B	A	
1,30	1,29	

Poznámky studentů s otevřeným zadáním kyvadla. Tato skupina na začátku hodiny diskutovala o veličinách, na kterých by perioda mohla záviset a až poté začali studenti experimentovat. Tato skupina si napsala velmi stručný postup měření: „Postupně měnit jednotlivé veličiny.“

- ① M.A.H., D.H., Veslo
- hmotnost = m
 - délka provazu
 - dráha = s

D

② postupně měnit jednotlivé veličiny

③ váhy zvažet:

- dřevěná koule - 134g
- lehký kovová kulička - 25g
- těžší kovová kulička - 67g

	134g dřevěná k.	25g L kov. k.	67g T kov. k.
130mm			
165mm	4,3	4,05	
větší úhel		4,92	4,9
ménš úhel		4,5	4,2
délš provazek		7,5	
kratš provazek			4,5

Naměřená data studentů s otevřeným zadáním kyvadla. Vliv hmotnosti na periodu kyvadla měřili při třech různých délkách provázku. Nejspíš (podobně jako většina ostatních skupinek pracujících s kyvadlem) nemohli uvěřit tomu, že perioda kyvadla na hmotnosti závaží nezávisí.

odchylka	3 periody (s)
10 cm	04,06
20 cm	03,90 04,01
30 cm	04,11
40 cm	04,42

velikost výchylky

provažek závaží	(s) 3 periody
47 cm	04,01
35 cm	03,59
23 cm	02,86
85 cm	05,44

délka kyvadla

provažek : 49 cm P = 20 cm	
hmotnost	3 periody (s)
50 g	04,10 04,07
150 g	04,06 04,01
250 g	04,10 04,02
350 g	04,08

hmotnost závaží

provažek : 98 cm P = 20 cm	
hmotnost	3 periody
50 g	05,75
150 g	05,84
250 g	05,23
350 g	05,72

provažek : 30 cm P = 20 cm	
hmotnost	3 periody (s)
50 g	03,32 03,19
150 g	03,02 03,06
250 g	02,97
300 g	03,07
350 g	03,16

VÝSLEDKY:

- ~~kte~~ při stejné délce provázku jsme měnili hmotnost závaží
a zjistili, že na délku periody to nemá žádný vliv

- výchylka ma vliv na délku periody

- délka provázku ma velmi velký vliv na délku periody

- edy nepřesnosti:

- edy to neal primočarý pohyb

- rotování kolem své osy

První strana dotazníku po experimentování od jednoho ze studentů pracujících s kyvadlem na otevřené úrovni. Ačkoliv zadání bylo na otevřené úrovni, studenti jej hodnotili kladně a jeden z nich v dotazníku po experimentování ocenil, že v zadání nebyly zbytečné informace (viz první otázka).

Iniciály: MD

Dotazník po experimentování

- Jak se ti pracovalo se zadáním? Zhodnoť jeho podrobnost, jasnost, srozumitelnost a zdůvodni hodnocení.

Zadání bylo jasné a srozumitelné. Nebyly tam zbytečné informace navíc a neměli jsme problém s pochopením úkolů.

- Co nového ses při experimentování naučil?

Při pověření kyvadla musíme sledovat určité veličiny, které při jejich změně mohou změnit výsledek měření.

- Připadalo ti měření složité?

ne

- Proč ano/ne?

Byli jsme na to tři, každý měl jiný úkol, stihli jsme to rychle.

- Nastal během experimentování nějaký problém? V čem?

Nějaké časové nepřesnosti nebo jsme nevěděli, jak správně zavěsit závaží, aby to mělo na výsledek vliv.

- Které nepřesnosti v měření mohly být způsobené vaším postupem provedení experimentu?

Nepřesné změření délky kyvadla, např. síla a velikost / výška stopování na telefonu - nepuštění stopky včas nevypnutí

Druhá strana dotazníku po experimentování. Student předpokládá, že při velké změně hmotnosti by se změnila i perioda kyvadla (viz otázka č. 3). Tuto představu by bylo vhodné si vyjasnit při reflexi po experimentování.

Iniciály: MD

Kyvadlo

- Necháme-li kyvadlo délky 15 m kývat, můžeme změřit jeho periodu. Následně závěs tohoto kyvadla zkrátíme na 1,5 m. Bude se perioda nového kratšího kyvadla lišit od periody původního kyvadla? Pokud ano, jak?

ano, bude

Kratší závěs kyvadla bude mít menší periodu, bude se kývat rychleji

- Pokud kyvadlo vychýlíme a necháme jej kmitat, můžeme změřit jeho periodu. Následně kyvadlo vychýlíme méně a opět jej necháme kmitat. Změní se perioda kyvadla? Pokud ano, jak?

perioda se nezmění, je zanedbatelná

- Představte si, že na kyvadlo postupně zavěsíme dvě závaží, jedno o hmotnosti 50 g a druhé 500 g. Bude se lišit perioda kyvadla s těmito závažími? Pokud ano, jak?

změna periody je zanedbatelná, kdyby se hmotnosti lišili více, myslím si, že by se to změnilo, ale při malé změně hmotnosti se perioda nezmění

- Mějme kyvadlo délky 2 m, na němž je zavěšeno závaží o hmotnosti 400 g. Lišila by se perioda tohoto kyvadla na Zemi a na Měsíci? Pokud ano, jak?

perioda bude větší na Měsíci, protože je tam nižší gravitace, po náprávu nebude kulíčeku. Měsíc tak rychle přitahovat, bude se pohybovat pomaleji

V jednom z vyplněných dotazníků po experimentování jsem narazila na miskoncepci studenta, že na Měsíci není gravitace (viz odpověď na 4. otázku v dotazníku). Reflexe po experimentování je důležitá i proto, že během ní můžeme narazit na různé miskoncepce, které studenti mají.

Iniciály:

Kyvadlo

- Necháme-li kyvadlo délky 15 m kývat, můžeme změřit jeho periodu. Následně závěs tohoto kyvadla zkrátíme na 1,5 m. Bude se perioda nového kratšího kyvadla lišit od periody původního kyvadla? Pokud ano, jak?

Handwritten notes:
Ano, ~~Ne~~ Ano,
Čím delší → delší čas
ne bude to přímo úměra..

- Pokud kyvadlo vychýlíme a necháme jej kmitat, můžeme změřit jeho periodu. Následně kyvadlo vychýlíme méně a opět jej necháme kmitat. Změní se perioda kyvadla? Pokud ano, jak?

Handwritten answer: ~~Ano~~ Ne

- Představte si, že na kyvadlo postupně zavěsíme dvě závaží, jedno o hmotnosti 50 g a druhé 500 g. Bude se lišit perioda kyvadla s těmito závažími? Pokud ano, jak?

Handwritten answer: Ne

- Mějme kyvadlo délky 2 m, na němž je zavěšeno závaží o hmotnosti 400 g. Lišila by se perioda tohoto kyvadla na Zemi a na Měsíci? Pokud ano, jak?

Handwritten answer:
Ano, na měsíci by ~~nebylo~~ nebylo nic z toho.
Vše by uletlo.
Není tam gravitace