

Kritická místa kurikula ve výuce fyziky na 2. stupni základní školy I

Jiří Kohout, Pavel Masopust, Marie Mollerová, Lukáš Feřt et al.



**FAKULTA PEDAGOGICKÁ
ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY
V PLZNI**

Kritická místa kurikula ve výuce fyziky na 2. stupni základní školy I

Jiří Kohout, Pavel Masopust, Marie Mollerová, Lukáš Feřt et al.

Vydání publikace bylo schváleno Vědeckou redakcí Západočeské univerzity v Plzni.

Autorský kolektiv:

Jiří Kohout, Pavel Masopust, Marie Mollerová, Lukáš Feřt, Jan Slavík, Petr Desenský,
Lucie Kolářová, Michaela Křížová, Robert Seifert, Ota Kéhar, Vítězslav Vrobel

Recenzenti:

doc. Mgr. Šimon Kos, PhD., Mgr. Vladimír Vochozka, Ph.D.

Výzkum probíhal ve spolupráci s učiteli:

Vít Bednář, Lenka Dokoupilová, Zdeněk Galetka, Magdaléna Hájková, Marta Chludilová,
Marek Janovský, Petr Jordán, Jan Kacafírek, Gabriela Kaufnerová, Petra Klapková Dymešová,
Slavomír Kočí, Květa Kolářová, Jan Kotek, Štěpánka Kubínová, Jaroslav Kuťák, Miroslav
Löbel, Václav Meškan, Renáta Miklóšová, Evžen Müller, Jana Oslancová, Lenka Prusíková,
Slavomíra Schubertová, Martin Sieber, Magdaléna Štastná, Kamila Váňová, Jana Vlasáková,
Michal Vodička, Vladimír Vochozka, Ladislav Vopat

Publikace vznikla za finanční podpory projektu OP VVV Didaktika – Člověk a příroda A
(CZ.02.3.68/0.0/0.0/16_011/0000665). Autoři textu děkují recenzentům za podnětné připomínky
k rukopisu. Poděkování patří rovněž všem zapojeným učitelům za jejich podněty, hodnocení
a veškerou aktivitu v rámci výzkumu.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Didaktika – Člověk a příroda A
CZ.02.3.68/0.0/0.0/16_011/0000665

Grafické zpracování obálky:

MgA. Mgr. Stanislav Poláček

Typografická úprava:

Jakub Pokorný

Vydala:

Západočeská univerzita v Plzni, Univerzitní 8, 301 00 Plzeň

Vytiskl:

XXX, adresa XXX

První vydání, 138 stran

Pořadové číslo: 2327, ediční číslo: 55-019-20

Plzeň 2019

ISBN 978-80-261-0933-4

© Autoři, Západočeská univerzita v Plzni

Obsah

1 Úvod a cíle monografie	1
1.1 Motivace pro realizaci výzkumu	1
1.2 Cíle výzkumu	2
1.3 Struktura monografie	3
2 Specifikace terminologie kritických a dynamických míst pro fyziku	5
2.1 Kritická místa fyzikálního kurikula	5
2.2 Dynamická místa fyzikálního kurikula	6
3 Metodologie multikriteriálního výzkumu sloužícího ke stanovení kritických míst a odhalení příčin jejich kritičnosti	8
Příloha 3.1 – Otázky pro polostrukturovaný rozhovor s učiteli	11
Příloha 3.2 – Seznam základních analytických jednotek	13
4 Výsledky výzkumu vedoucího ke stanovení kritických míst a jejich příčin	15
4.1 Analýza vnějších podmínek	15
4.2 Vliv matematiky – dotazníkové šetření	15
4.3 Rozhovory s učiteli fyziky	17
4.4 Problematické úlohy v mezinárodním srovnávacím šetření TIMSS	19
4.5 Testování Českou školní inspekcí	20
4.6 Fyzikální prekoncepty na prvním stupni ZŠ	20
4.7 Syntéza dílčích zjištění a stanovení kritických míst	23
5 Analýza pojetí kritických míst v kurikulárních dokumentech a zahraničních učebnicích fyziky	26
5.1 Kurikulární dokumenty – RVP, ŠVP	26
5.2 Zahraniční učebnice fyziky	29
5.2.1 Velká Británie	29
5.2.2 Polsko	32
5.2.3 Rakousko	34
5.2.4 Rusko	37
5.2.5 Slovensko	40
5.2.6 Celkové shrnutí analýzy učebnic	42
6 Přínos science center při řešení kritických a dynamických míst kurikula	43
6.1 Kritická místa kurikula	44
6.1.1 Přínos science center při vytipování kritických míst	44
6.1.2 Kritická místa kurikula v SC	44
6.2 Dynamická místa	46
7 Moduly pro překonání kritických míst kurikula	51
7.1 Koncepce modulů	51

7.2 Magnetické vlastnosti elektrického proudu a elektromagnet	53
7.3 Magnetické pole a indukční čáry	63
7.4 Hustota	76
7.5 Čočky a zobrazování čočkami	85
7.6 Hydrostatický tlak a Archimédův zákon	96
7.7 Pascalův zákon a hydraulická zařízení	104
8 Akční výzkum realizovaný s využitím modulů pro překonání kritických míst	114
8.1 K problematice akčního výzkumu	114
8.2 Metodika a organizace akčního výzkumu	115
8.3 Výsledky akčního výzkumu	117
8.4 Diskuse a reflexe výsledků, zpracování do nové verze modulů	124
Příloha 8.1 – Reflexe ověřovaného modulu	127
9 Souhrnná diskuze k realizovaným výzkumům a jejich relevance směrem ke kurikulárním dokumentům	128
10 Závěr, náměty na další výzkum	131
Literatura	133
Resume	136
Věcný rejstřík	137

1 Úvod a cíle monografie

1.1 Motivace pro realizaci výzkumu

Fyzikální vzdělávání se v posledních deseti letech potýká s řadou problémů jako je malá obliba fyziky u žáků (Höfer & Svoboda, 2005), nízký zájem o studium učitelství tohoto oboru a s tím související nedostatek aprobovaných učitelů dosahující v některých regionech nebezpečných rozměrů (Mollerová et al., 2018) a omezování počtu hodin věnovaných tomuto předmětu především na úrovni středních škol (Lepil, 2013). V souvislosti se snahou řešit tyto problémy zbývá mnohdy málo času na detailní zhodnocení obsahu fyzikálního vzdělávání na školách v měnící se společnosti a na analýzu míst kurikula, jejichž zvládnutí dělá žákům poměrně značné problémy a je možné je tak označit jako kritická. Kritická místa kurikula se mohou vyskytovat ve všech vzdělávacích oborech a mají nezanedbatelný vliv na kvalitu výuky, ale ne vždy je jim věnována žádoucí pozornost. V prvním přiblížení je můžeme chápat obecně jako oblasti, v nichž žáci selhávají (Rendl & Vondrová, 2014).

U matematiky byla tato problematika v uplynulých letech intenzivně studována (Rendl et al., 2013; Rendl & Vondrová, 2014; Vondrová & Rendl, 2017), přičemž inspirace zde pravděpodobně pochází ze Spojených států amerických, kde již v roce 2006 Americká asociace učitelů matematiky obšírně definovala tzv. *curriculum focal points* pro jednotlivé třídy základní školy, jež ve své podstatě odpovídají klíčovému místům kurikula (National Council of Teachers of Mathematics, 2006). Na tento krok následně navázala řada amerických států zahrnutím těchto míst do odpovídajících standardů. Je zajímavé, že v původním dokumentu autoři hovořili výhradně o důležitosti uvažovaných témat z hlediska dalších návazností ve výuce matematiky, a naopak nedávali tato klíčová místa do souvislosti s případnými problémy žáků při jejich zvládnutí. Neprojovali tudíž klíčová místa s místy kritickými. Odlišná situace však již nastala ve vzdělávacích standardech některých amerických států (Texas

Education Agency, 2013; Ohio Department of Education, 2017), kde se již hovoří o *critical areas of focus* a kritičnost je zde tedy posunuta do popředí. Kritická a klíčová místa v tomto pojetí se tak do značné míry překrývají a uvedený anglický pojem vlastně označuje témata v kurikulu, jež jsou podstatná z hlediska dalších návazností v matematice a zároveň dělají žákům značné problémy (Kohout et al., 2018).

V didaktice fyziky, stejně jako u didaktik dalších přírodních věd, nebyla problematika kritických míst dosud systematicky řešena na národní ani na mezinárodní úrovni. Je přitom logický důvod se domnívat, že u fyziky (podobně jako u matematiky) je vzhledem k logické provázanosti obsahu učiva a s tím souvisejícím častým uplatňováním spirálového pojetí kurikula (Dvořák, 2009) velmi důležité zabývat se tím, kde žáci selhávají a kde se vytvářejí a prohlubují problémy s porozuměním probírané látky. Ty se totiž mohou následně projevat i v na první pohled zcela odlišných oblastech dané disciplíny a mohou spolehlivě inhibovat rozvoj konceptuálního pochopení fyziky u žáků. Právě toto pochopení je přitom dle analýzy aktuálních trendů v didaktice fyziky jedním z nejčastěji řešených témat (Dvořák et al., 2015) a značná část didaktiků zabývajících se tzv. konceptuální fyzikou je přesvědčena, že jde o zásadní cíl výuky fyziky. Je tak překvapivé, že dosud nebyla snaha systematictěji výzkumně uchopit problematiku kritických míst kurikula ve fyzice a uplatnit případné benefity směrem do praxe vycházející z toho, že se tato místa včetně jejich příčin podaří identifikovat.

Další rovinou uvažovaného problému je to, že přes obrovský rozvoj institucí neformálního vzdělávání jako jsou science centra zaměřující se na popularizaci fyziky, dosud nebyla výzkumně téměř podchycena otázka, jak z obrovského množství dynamicky se rozvíjejících oblastí ve fyzice¹ sofistikovaně vybrat ty, které zároveň mají potenciál přispět při správném uchopení ke zvýšení zájmu žáků o fyziku či

¹ Ve smyslu, že je v těchto oblastech aktuálně generováno značné množství originálních výzkumných poznatků. Bude upřesněno v podkapitole 2.2.

pomoci při překonávání výše uvažovaných kritických míst. To nás přivádí k pojmu dynamická místa kurikula propojujícímu moderní vědecký výzkum, popularizaci a komunikaci vědy, a výuku realizovanou v institucích formálního vzdělávání.

S ohledem na výše uvedené jsme se rozhodli realizovat v rámci řešení projektu Didaktika – Člověk a příroda A systematický výzkum zaměřený na problematiku kritických a dynamických míst kurikula na českých školách. Vzhledem k důležitosti „dobrého startu“ při studiu fyziky jsme se přitom zaměřili na první dva roky fyzikálního vzdělávání na českých školách, tj. na obsah probíraný typicky v 6. a 7. ročníku základní školy². Uvedený výzkum byl realizován v rámci projektu paralelně s obdobnými výzkumy z biologie, chemie a geografie, což umožnilo vytvořit do jisté míry společný rámec pro tyto přírodovědné obory a zahrnout i problematiku mezipředmětových vazeb. Dílčí poznatky výzkumu v oblasti fyziky již byly prezentovány v několika časopiseckých studiích a konferenčních příspěvcích; tato monografie přináší ucelený souhrn dosud odvedené práce v této oblasti.

1.2 Cíle výzkumu

V anotaci návrhu projektu, v jehož rámci byl zde popisovaný výzkum realizován a jehož je tato monografie jedním z hlavních výstupů, byly cíle definovány následovně: „Cílem projektu je rozvoj kompetencí vzdělávání ve vzdělávací oblasti RVP ZV³ Člověk a příroda prostřednictvím pravidelné a dlouhodobé spolupráce akademiků, pedagogů ZŠ a odborníků z NNO⁴ v oblasti inovace oborových didaktik. Hlavními aktivitami jsou příprava inovovaných strategií učení a jejich ověření (akční výzkum). Vedlejším výstupem projektu jsou modelové učební jednotky pro vybrané učivo.“ Dále je v návrhu projektu uveden ještě následující (ve vztahu k oborově-didaktickému výzkumu)

relevantní dílčí cíl: „V rámci společenství praxe bude zajištěn rozvoj oborových didaktik vymezením problematických částí kurikula, což bude realizováno akčním výzkumem na ZŠ. Vzniknou čtyři vybrané akční moduly ze vzdělávací oblasti Člověk a příroda pro jednotlivé přírodovědné předměty fyzika, biologie, chemie a zeměpis.“⁵ Společenství praxe bylo přitom tvořeno didaktiky ze zapojených univerzit, učiteli z praxe a rovněž zástupci dvou science center (iQLANDIA Liberec a Svět techniky Ostrava), jež byla zapojena do projektu.

Z uvedeného je patrné, že bylo počítáno s realizací výzkumu zaměřeného na určení kritických míst kurikula a následně s vytvořením a ověřením modelových učebních jednotek napomáhajících k překonání těchto kritických míst. Pro účely výzkumu bylo však rovněž nutné rozvinout odpovídající terminologii týkající se kritických míst kurikula⁶, a tuto terminologii specifikovat pro oblast fyziky. Pro vytvoření a ověření modulů sloužících k překonání kritických míst bylo dále třeba zabývat se detailně příčinami toho, proč jsou uvedená témata kritická. S ohledem na tato fakta můžeme dílčí cíle výzkumu popsaného v této monografii formulovat následovně:

1. Upřesnit metodologický rámec oborově-didaktického výzkumu kritických míst pro oblast fyziky, a to včetně odpovídající terminologie⁷.
2. Na základě multikriteriálního přístupu vymežit kritická místa fyzikálního kurikula v 6. a 7. ročníku základní školy.
3. Provést analýzu odhadovaných příčin kritičnosti těchto míst včetně zjištění vlivu matematiky na ně buď ve smyslu přímého přenosu kritického místa z této disciplíny nebo s ohledem na problematickou provázanost kurikula matematiky a fyziky.
4. S ohledem na identifikované příčiny kritických míst připravit pomocí tzv.

² S ohledem na existenci Rámcových vzdělávacích programů není přesná posloupnost učiva centrálně stanovena a školy si jí v rámci svých Školních vzdělávacích programů mohou určit podle sebe.

³ Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání.

⁴ Nevládních neziskových organizací.

⁵ V projektu jsou uvedeny ještě další cíle týkající se činnosti oborového společenství praxe a rozvoje didaktických kompetencí učitelů. Tyto cíle byly průběžně plněny a vykazovány, jejich dopad směrem k této monografii je však jen omezený.

⁶ Intuitivní chápání uvedených pojmů užívané typicky v české i zahraniční odborné literatuře se ukázalo hned na úvod jako nedostačující, což bude demonstrováno dále.

⁷ V případě této monografie hovoříme pouze o upřesnění pro případ fyziky, protože obecný rámec platný v rámci všech čtyř řešených disciplín byl uveden v související monografii Mentlíka et al. (2019), na kterou zde navazujeme.

evidence-based *designu*⁸ výukové materiály (moduly) přispívající k překonání těchto kritických míst.

5. Realizovat akční výzkum zaměřený na ověření těchto modulů a na jeho základě provést případné úpravy v nich.
6. Analyzovat potenciál science center při překonávání kritických míst a využití dynamických míst kurikula ke zvýšení zájmu žáků o fyziku.

Vzhledem ke komplexnosti daného tématu bylo nutné ke splnění cílů užít značné množství výzkumných metod zahrnujících např. analýzy kurikulárních dokumentů a učebnic, dotazníková šetření a polostrukturované rozhovory s učiteli. Detailní přehled užitých metod bude uveden v kapitole 3. V rámci výzkumu nebyly s ohledem na jeho primárně deskriptivní povahu danou mimo jiné tím, že uvedené téma nebylo dosud studováno, formulovány partikulární hypotézy globálního rázu⁹. Výzkumných otázek je s ohledem na realizovaný multikriteriální přístup větší množství, jejich konkrétní formulace bude provedena v rámci metodologie daného dílčího výzkumu¹⁰. Celkové nastavení výzkumu bylo provedeno tak, aby zohledňovalo komplexnost dané problematiky, v níž sehrává roli značné množství velmi odlišných aspektů, jejichž podchycení není možné v rámci zcela unifikovaného přístupu splňujícího beze zbytku rigorózní metodologické požadavky kladené někdy na pedagogický výzkum.

1.3 Struktura monografie

Po této úvodní kapitole následuje část zaměřená na specifikaci terminologie kritických a dynamických míst pro oblast fyziky. V ní je v návaznosti na monografii Mentlíka et al.

(2019) rozpracována tato problematika s ohledem na potřeby fyziky a fyzikálně-didaktického výzkumu. Je přitom využíván rámec tzv. konceptuální fyziky, která představuje jeden z klíčových výzkumných směrů v současné didaktice fyziky (Dvořák et al., 2015).

Ve třetí kapitole je stručně zdůvodněna potřeba multikriteriálního přístupu při výzkumu kritických míst a určování jejich příčin a následně je představena metodologie tohoto výzkumu opírajícího se o detailní analýzu vnějších podmínek, vytipování problematických úloh z fyziky z mezinárodního srovnávacího šetření TIMSS, analýzu výsledků žáků ve srovnání realizovaném Českou školní inspekcí, polostrukturované rozhovory s učiteli fyziky a výzkum fyzikálních prekonceptů u žáků 1. stupně provedený na základě analýzy vybraných úloh z přírodovědy ze šetření TIMSS a rozhovorů se žáky.

Ve čtvrté kapitole jsou představeny výsledky výzkumu zaměřeného na určení kritických míst ve výuce fyziky na ZŠ a stanovení příčin kritičnosti. Postupně jsou prezentovány a stručně diskutovány poznatky z jednotlivých dílčích výzkumů, přičemž na závěr kapitoly je realizována syntéza těchto dílčích poznatků a určení samotných kritických míst včetně kvalifikovaného odhadu příčin neúspěšnosti¹¹. První tři kapitoly jsou pojaty poměrně stručně, protože uvedená problematika již byla detailně rozebrána ve studiích Mollerové et al. (2018), Kohouta et al. (2018), Kohouta et al. (2019a) a Kohouta et al. (2019b). Cílem je proto především dát čtenáři základní představu o dané problematice s tím, že detailní informace může nalézt v uvedených časopiseckých studiích¹².

⁸ Jedná se obecně o proces, v jehož rámci jsou materiály a postupy tvořeny na základě výsledků vědeckého výzkumu. V našem konkrétním případě jsme využili poznatky získané rozbořením výsledků mezinárodních šetření a analýzou zahraničních učebnic a kurikulárních dokumentů k tomu, abychom aplikovali v českých poměrech vhodné aktivity mající na základě zahraničních zkušeností potenciál přispět k překonání kritických míst. Podrobněji ve studii Kohouta et al. (2018).

⁹ Nemáme zde na mysli dílčí statistické hypotézy týkající se konkrétních aspektů řešených například v rámci výzkumu vnějších podmínek, které v příslušné fázi výzkumu formulovány a testovány byly.

¹⁰ Například u polostrukturovaných rozhovorů byla formulována jedna základní výzkumná otázka a další čtyři specifické výzkumné otázky.

¹¹ Vzhledem k tomu, že zde prezentovaný výzkum nebyl přímo centrován na žáky (např. ve smyslu hloubkových rozhovorů s nimi, rozboru jejich prací či analýzy videozáznamů z relevantních hodin), je třeba pokládat určení příčin kritičnosti skutečně jen za kvalifikovaný odhad opírající se o výsledky ontodidakticky zaměřených výzkumů, jenž by však bylo třeba potvrdit na základě dalších studií zaměřených spíše psychodidakticky.

¹² Zde je nutné zmínit, že všechny tyto studie jsou k dispozici v režimu Open Access na internetu. Nenastává zde tak problém s tím, že by si zájemce z řad čtenářů neměl šanci doplňující informace dohledat například z důvodu licenčních omezení, neexistence dostupné elektronické verze.

Pátá kapitola je zaměřena na to, jak jsou vytipovaná kritická místa řešena v kurikulárních dokumentech a rovněž ve vybraných zahraničních učebnicích. U kurikulárních dokumentů je stručně nastíněn historický vývoj především ve smyslu změn v posloupnosti učiva a možného vlivu přesunů daných témat mezi ročníky na jejich kritičnost. Je řešeno rovněž to, do jaké míry se jednotlivé základní školy shodují v zařazení těchto témat do svých vzdělávacích programů. S ohledem na to, že se tvorba nových studijních materiálů umožňujících přelkenutí identifikovaných kritických míst opírá o tzv. *evidence-based design* (viz kapitola 1.2), je věnována značná pozornost tomu, jak jsou uvedena kritická místa zpracována v zahraničních učebnicích fyziky. Při výběru zemí zahrnutých do srovnání bylo přitom zohledněno i to, jak úspěšný je daný stát v mezinárodních srovnáních a jaký je u něj potenciál pro využití příkladů dobré praxe směrem k českému školství¹³.

Kapitola šestá se týká přínosu science center při řešení kritických míst kurikula a rovněž uchopení dynamických míst, jež byla stanovena na základě kritérií uvedených v kapitole 2.2. Zde je třeba uvést, že dynamická místa kurikula hrají výrazně odlišnou roli než místa kritická a z toho důvodu jejich stanovení nebylo provedeno na základě rozsáhlého multikritériálního výzkumu, ale spíše na základě zkušeností pracovníků science center. Při výběru dynamických míst však byl (vedle požadavku na splnění jasně stanovených kritérií) zohledněn i potenciál těchto témat při překonávání kritických míst. Je tak zdůrazněn význam společného řešení problematiky kritických míst ve spolupráci institucí formálního a neformálního vzdělávání (základních škol a science center).

Sedmá kapitola zahrnuje obecné zásady pro tvorbu modulů k překonání kritických míst, jež vycházejí jednak z principů *evidence-based designu* a poznatků uvedených v předchozí kapitole, jednak ze zkušeností získaných v rámci společenství praxe, kde byly požadavky kladené na tyto moduly opakovaně diskutovány. Následně jsou uvedeny samotné moduly sestávající vždy z většího množství

aktivit (učebních úloh). V této souvislosti je třeba uvést, že moduly obsahovaly značné množství edukačních videí, které přirozeně nebylo možné do této monografie uvést. Je na ně zde však odkazováno a jsou volně umístěny na internetu tak, aby k nim měli zájemci z řad čtenářů neomezený přístup. Uvedená kapitola se i vzhledem ke svému obsahu vymyká „akademickému“ pojetí, což je však v souladu se zaměřením na propojení s praxí a na akční výzkum.

Právě akčnímu výzkumu, v jehož rámci učitelé zapojení ve společenství praxe ověřovali připravené moduly, je věnována kapitola osmá. S ohledem na to, že se v České republice nejedná o dosud příliš rozšířenou výzkumnou techniku, je v úvodu kapitoly akční výzkum popsán, přičemž jsou akcentovány především metody tohoto výzkumu užívané při designování edukačních materiálů. Následně je řešena metodologie a organizace realizovaného akčního výzkumu, jsou uvedeny zjištěné výsledky a provedena jejich diskuze. Rovněž je zde uvedeno to, jak byly poznatky získané v rámci ověřování modulů zapracovány do jejich aktualizované verze.

V deváté kapitole následuje stručná souhrnná diskuze k provedenému výzkumu, a to včetně uvedení jeho limitů. Závěrečná desátá kapitola pak přináší závěry z výzkumu a v souvislosti s výše uvedenými limity představuje rovněž náměty na další odbornou práci v této oblasti.

Z hlediska stránkového rozsahu je jednoznačně nejrozsáhlejší sedmá kapitola zahrnující samotné moduly vytvořené v rámci projektu. Je to do značné míry proto, že mnoho poznatků z výzkumu kritických míst prezentovaného především v kapitolách 2–4 je uvedeno jen stručně s odkazem na předchozí časopisecké studie. Je však třeba zdůraznit, že monografie jako celek představuje ucelený a systematický přístup ke tvorbě edukačních materiálů založený na unikátním výzkumu kritických míst kurikula ve fyzice, jenž svým záběrem přinejmenším dosahuje, spíše však přesahuje, rozsah podobně zaměřených výzkumů v jiných disciplínách.

¹³ Přirozeně byly zohledněny i další faktory jako dostupnost příslušných učebnic či jazyková vybavenost autora příslušné kapitoly v této monografii.

2 Specifikace terminologie kritických a dynamických míst pro fyziku

2.1 Kritická místa fyzikálního kurikula

V obecněji pojaté monografii Mentlíka et al. (2019) vzniklé stejně jako tato kniha v rámci řešeného projektu je věnována zásadní pozornost přesnějšímu definování kritických míst tak, aby bylo překonáno intuitivní chápání těchto míst jako oblastí, v nichž žáci selhávají. Toto intuitivní pojetí totiž zamlčuje souvztažnost mezi subjektivními příčinami problémů žáků a oborovou relevancí dané problematiky (Kohout et al., 2019a). Kritická místa jsou zde chápána jako problémy s koncepty způsobené například nevhodným umístěním ve struktuře konceptů či nevyhovujícím didaktickým uchopením daného tématu z hlediska nevhodné provázanosti s předchozím učivem¹⁴. Existuje zde přitom prokazatelný potenciál ke zlepšení například v důsledku změn v kurikulu, vytvoření nových učebních textů a materiálů. Byla rovněž vytvořena hierarchie konceptů zahrnující klíčové, substantivní a organizační koncepty (Mentlík et al., 2019).

V této kapitole provedeme konkretizaci uvedeného obecného rámce pro případ fyziky tak, aby byla zohledněna její specifika a rovněž významné vývojové trendy v didaktice tohoto oboru. Velmi důležitým faktorem ovlivňujícím uchopení kritických míst je provázanost fyziky s matematikou. Je třeba si uvědomit, že selhání při řešení fyzikálních úloh může být přímým důsledkem matematické nedostatečnosti žáků. Jde pak tedy o přenos kritického místa z matematiky a uvedená oblast vůbec nemusí být problematická z pohledu samotného fyzikálního porozumění obsahu. Od 70. let 20. století se i v souvislosti s tím vyvíjí tzv. konceptuální **fyzika** kladoucí důraz právě na fundamentální porozumění fyzikálnímu obsahu a reagující na mnoho desetiletí trvající matematizaci školské fyziky. Podrobněji je tato problematika řešena v práci Kohouta et al. (2018). V našem výzkumu jsme se opřeli právě

o paradigma konceptuální fyziky a v souvislosti s tím jsme neuvažovali jako kritická místa fyzikálního kurikula případy, kde je kritičnost dána výhradně přenosem z matematiky bez toho, aby se příčina problému nacházela v samotném fyzikálním obsahu.

Z hlediska hierarchizace konceptů se ukazuje, že obecnou škálu zahrnující tři základní stupně (klíčové, substantivní a organizační koncepty) je sice možné organicky propojit se základními pojmy a zákonitostmi ve fyzice, sama o sobě však nepostačuje a je potřeba zahrnout další stupeň – tzv. aplikační koncepty. Specifikaci pro oblast fyziky pak můžeme provést následovně (Kohout et al., 2018; Kohout et al., 2019a):

- **Klíčové koncepty** – jedná se vlastně o základní stavební kameny oboru zasahující svým obsahem do všech přírodovědných disciplín. Odpovídající zahraniční výzkumy užívají v této souvislosti velmi vhodně termín průřezové koncepty (*crosscutting concepts*) a řadí do této nejvyšší kategorie následující koncepty (Lancorová, 2014): *tvar; příčina a následek; mechanismus a vysvětlení; velikost, proporce a kvantita; systém a model systému; struktura a funkce; stabilita a změna; hmota a energie.*
- **Substantivní koncepty** – těmto obsahovým složkám oboru zachyceným v objektivní realitě ve své podstatě odpovídají **fyzikální veličiny**. Mezi substantivními koncepty však můžeme vysledovat další hierarchii, když např. koncept momentu síly je logicky níže než koncept síly, protože moment síly charakterizuje otáčivé účinky síly, jež tvoří pouze jeden z možných typů silových účinků. Stejně tak radiometrické veličiny jsou obecnější než veličiny fotometrické, protože se na rozdíl od nich dotýkají celého

¹⁴ Například u tématu Hustota ve fyzice v 6. ročníku se některé učebnice odvolávají na aspekty dané problematiky probírané dříve v přírodovědě. Analýza učebnic přírodovědy i příslušných ŠVP však ukázala, že tyto aspekty se zde vůbec nevyskytují. Může tak docházet k situacím, že učitel fyziky má hned na úvod nesprávnou představu o tom, co žáci již znají.

elektromagnetického spektra, a nikoliv pouze viditelného světla.

- **Organizační koncepty** – zde jde v podstatě o vztahy mezi veličinami, jejichž prostřednictvím jsou zároveň substantivní koncepty provázány s klíčovými koncepty. Těmto vztahům ve fyzice logicky odpovídají fyzikální zákony. Do této kategorie tudíž patří např. Newtonovy pohybové zákony, které propojují substantivní koncepty pohyb a síla a zároveň je dávají do souvislosti s klíčovými koncepty jako je směr či příčina a následek.
- **Aplikační koncepty** – jak již bylo řečeno, tato úroveň je pro fyziku specifická (Kohout et al., 2018). Poměrně často totiž není problém ani tak v samotné fyzikální veličině, resp. vztahu mezi veličinami, jako spíše v aplikaci na konkrétní systém či geometrii¹⁵.

Kritická místa se mohou nacházet kdekoli v uvedené hierarchii, mohou k nim tedy patřit i níže postavené aplikační koncepty. Příkladem jsou situace, kdy žáci mají zásadní problém aplikovat jim dobře pochopitelný fyzikální zákon na určitou specifickou geometrii (např. z důvodu vysokých nároků na prostorovou představivost či grafické znázornění situace). To je zásadním způsobem odlišuje od tzv. *klíčových míst kurikula* jako uzlových bodů v struktuře konceptů (Mentlík et al., 2018), jež jsou zásadní například z hlediska tzv. spirálového pojetí kurikula prezentovaného Dvořákem (2009). Klíčová místa můžeme hledat pouze ve vysoce postavených substantivních či organizačních konceptech (Kohout et al., 2018).

2.2 Dynamická místa fyzikálního kurikula

Problematika tzv. dynamických míst kurikula je v obecné rovině přírodovědných oborů vymezena ve studii Mentlíka et al. (2018), kde je odkazováno na studii Mentlíka (2015) zaměřenou na srovnání dynamiky vědeckých výstupů v oblasti geografie pro účely cílené

didaktické transformace¹⁶. Dynamické místo je zde chápáno jako „*oblast kurikula (resp. paradigmatu), ve kterém dochází aktuálně k nejdynamičtějším vývoji.*“ Dynamickým vývojem je přitom chápáno generování originálních vědeckých poznatků obohacujících a měnících paradigma daného oboru. Permanentní řešení dynamických míst by i s ohledem na materiální požadavky mělo být doménou science center, muzeí apod. (Mentlík et al., 2018). Je zde tedy předpoklad, že řešení těchto míst bude technicky mimo kapacitu základních škol.

Domníváme se, že v případě fyziky je potřeba problematiku dynamických míst vymezit poněkud podrobněji. Je to dáno především obrovským rozsahem a heterogenitou výzkumu probíhajícího v rámci této disciplíny, jež zahrnuje oblasti vysloveně teoretické zasahující svojí povahou až k otázkám týkajícím se samotné podstaty fungování vesmíru a pozice člověka v něm (např. kosmologie) až po ryze praktické disciplíny řešící problémy inženýrské praxe. Obecné vymezení tak nedává dostatečná vodítka směrem k didaktické transformaci učiva a je třeba jej doplnit. Dynamická místa v oblasti fyziky by tak měla (vedle přirozeného požadavku na aktuálnost v oblasti vědeckého výzkumu) splňovat rovněž další požadavky:

- **Jasná provázanost se stávajícím kurikulem fyziky na základní škole.** Nepokládáme za vhodné řadit mezi dynamická místa oblasti, kde by bylo nutné vložit do řetězce mezi stávající kurikulum a dané dynamické místo další články, bez nichž by žáci neměli šanci danou problematiku uchopit. Naopak pokládáme za zásadní zajistit jasnou návaznost na učivo základní školy. Uvedenou podmínku splňuje například v současné době intenzivně zkoumaná problematika superhydrofilních či superhydrofobních povrchů (problematika smáčivosti povrchu kapaliny je běžnou součástí výuky fyziky v 7. ročníku) či termografie (o tepelném záření těles se učí). Nesplňuje to však

¹⁵ Např. v optice na základní škole není (dle zkušeností autorů i vyjádření některých v dále popisovaném výzkumu zapojených učitelů) jako kritický vnímán substantivní koncept světlo či organizační koncepty zákon odrazu či zákon lomu světla, ale jako velmi obtížné je chápáno zobrazování kulovými zrcadly či čočkami. Přitom nejde o nic jiného, než o aplikaci uvedených organizačních konceptů na určitou geometrii či tvar.

¹⁶ Tento pojem je převzat z německého „*didaktische Transformation*“, v anglosaské literatuře se hovoří spíše o tzv. „*pedagogical content knowledge*“, ačkoliv rozsah tohoto pojmu je v jistém smyslu širší než u samotné didaktické transformace (Janík et al., 2009).

například kvantová teleportace (samotná základní myšlenka je zde absolutně mimo rozsah učiva ZŠ i SŠ).

- **Jasně definovatelné a pro žáky představitelné dopady do běžného života.** Značná část výzkumu ve fyzice (především teoretické) probíhá v oblastech, kde není snadné demonstrovat laikům bez složitého vysvětlování potenciálního přínos získaných poznatků pro jejich běžný život. Domníváme se, že dynamická místa by měla zahrnovat oblasti fyziky, kde je užitečnost v běžném životě jednoznačná a (potenciální) aplikace do praxe jsou přímočaré. To by splňovala například kvantová teleportace či výše zmíněné hydrofilní povrchy¹⁷, nesplňuje to však třeba velmi intenzivně zkoumaná problematika magnetorezistence, kde je pro studovaného fyzika sice potenciální přínos nesporný, pro laika je však vazba mezi daným fenoménem a jeho aplikací do běžného života těžko uchopitelná.
- **Možnost demonstrovat danou problematiku pomocí pro žáky názorných a atraktivních pomůcek či modelů.** I v případě, že dané téma souvisí s fyzikálním kurikulem na ZŠ a má přímočaré aplikace, může být problematické jeho pomocí žáky zaujmout a nadchnout pro fyziku, protože jej z nějakého důvodu není možné demonstrovat atraktivním

způsobem, a nelze u něj využít „wow efekt“, jenž je zvláště pro science centra důležitý (ačkoliv jejich činnost by neměla být založena pouze na něm). Příkladem, kdy jsou splněny výše uvedené podmínky, ale nikoliv tento požadavek, je problematika palivových článků, jež je předmětem velmi intenzivního výzkumu, navazuje vhodně na stávající kurikulum a potenciální přínos je nesporný a poměrně snadno vysvětlitelný. Názorná a atraktivní demonstrace tohoto fenoménu žákům je však přinejmenším problematická. Uvedený problém naopak nenastává třeba u hydrofilních povrchů, kde lze snadno provést řadu atraktivních demonstrací. To samé platí například pro termografii, kde je možné ukázat třeba rozdíly v teplotě různých částí lidského těla.

Vedle uvedených podmínek značně limitujících množinu dynamických míst kurikula lze zmínit jako další kritérium návaznost na kritická místa kurikula řešená detailně v rámci projektu. Je maximálně přínosné, když se podaří najít přímou vazbu mezi kritickým a dynamickým místem, jehož zpracování science centrem následně může přispět k překonání kritičnosti daného tématu. Nejedná se však o nutnou podmínku zahrnutou přímo do definice dynamického místa.

¹⁷ Efekt například pro čištění oken či fungování zrcátek u auta je zde jasný.

3 Metodologie multikriteriálního výzkumu sloužícího ke stanovení kritických míst a odhalení příčin jejich kritičnosti

Výzkum zaměřený na stanovení kritických míst a určení příčin jejich kritičnosti byl realizován pomocí multikriteriálního přístupu zahrnujícího různé techniky sběru a analýzy dat tak, aby bylo možné problém podchytit v celé jeho komplexnosti. V souladu s tímto přístupem bylo v jednotlivých částech komplexního výzkumu použito šest různých výzkumných nástrojů:

1) Analýza vnějších podmínek relevantních pro danou problematiku – V rámci tohoto rozboru jsme analyzovali Školní vzdělávací programy (ŠVP) základních škol v Plzeňském a Karlovarském kraji především s ohledem na hodinovou dotaci fyziky a rámcovou posloupnost učiva fyziky v nich. Pro získání představy o aprobovanosti a věkové struktuře vyučujících jsme realizovali telefonické rozhovory s řediteli 189 základních škol v obou krajích. Rovněž jsme analyzovali obsah šesti sad učebnic fyziky majících v současné době ministerskou doložku a provedli dotazníkové šetření na vzorku 107 žáků 1. ročníku Střední průmyslové školy dopravní v Plzni, kteří přišli z 58 škol Plzeňského a Karlovarského kraje. Cílem tohoto doplňkového šetření bylo mimo jiné zjistit, jak je výuka fyziky na ZŠ zaujala a jak často v ní byly zařazeny experimenty. Podrobně je analýza vnějších podmínek popsána ve studii Mollerové et al. (2018).

2) Vytipování problematických úloh z mezinárodního šetření TIMSS¹⁸ pro 8. ročníky – V této části jsme rozebrali celkem 99 originálních úloh spadajících do kognitivní oblasti Fyzika zadaných v šetřeních v letech 1995, 1999 a 2007. Provedli jsme srovnání výsledků českých žáků s mezinárodním průměrem

a s úspěšností žáků z vybraných zemí západní a střední Evropy a stanovili jsme rovněž jasná kritéria pro to, aby daná úloha byla identifikována jako problematická. Detailně je příslušný výzkum popsán ve studii Kohouta et al. (2019a).

3) Analýza výsledků žáků v testování Českou školní inspekcí (ČŠI) – Na základě smlouvy o spolupráci mezi Fakultou pedagogickou ZČU v Plzni a ČŠI jsme získali a následně analyzovali detailní výsledky šetření přírodovědné gramotnosti, které ČŠI provedla na rozsáhlém vzorku přibližně 6 000 žáků devátých ročníků ZŠ provedeném ve školním roce 2016/17 a popsaném detailně ve studii ČŠI (2018). V testování bylo zadáno celkem 60 otázek v rámci 25 úloh, přičemž tyto úlohy svým pojetím odpovídaly mezinárodnímu srovnávacímu šetření PISA¹⁹. V rámci našeho výzkumu jsme se zaměřili na 11 úloh majících svým obsahem blízko k fyzice a analyzovali jsme odpovědi žáků v těchto úlohách především s ohledem na možné miskoncepce. Další informace k uchopení této fáze výzkumu lze nalézt ve studii Kohouta (2018).

4) Polostrukturované rozhovory s učiteli fyziky na ZŠ – Sběr dat od zapojených učitelů proběhl v období červenec až prosinec 2017. Polostrukturované²⁰ rozhovory s učiteli vedli oboroví didaktici projektu Didaktika A: PhDr. Pavel Masopust, Ph.D. (ZČU, Plzeň), Mgr. Lucie Kolářová (UPOL, Olomouc), RNDr. Michaela Křížová, Ph.D. (UHK, Hradec Králové) a Mgr. Robert Seifert (UJEP, Ústí nad Labem). Otázky pro rozhovor vycházely z doporučení prezentovaných Švaříčkem a Šedřovou (2007), přičemž byla v souladu s cíli výzkumu

¹⁸ Trends in International Mathematics and Science Study.

¹⁹ Programme for International Student Assessment.

²⁰ Tento typ představuje kompromis mezi nestrukturovaným a strukturovaným rozhovorem. Výzkumník má k dispozici připravený soubor otázek s pořadím, nemusí se jej však přesně držet. Podrobněji např. v knize Reichela (2009, s. 111).

formulována jedna hlavní výzkumná otázka, čtyři specifické výzkumné otázky a větší množství tazatelských otázek. Uvedený soubor otázek (viz Příloha 1 k této kapitole) pro rozhovor prošel několika koly interní a externí oponentury, na jejímž základě byl upřesňován. Všichni tazatelé byli předem detailně proškoleni tak, aby způsob vedení rozhovorů byl v rámci možností rovnocenný. Vzhledem k tomu, že šlo o polostrukturované rozhovory, bylo počítáno s tím, že s ohledem na odpovědi účastníka se může průběh do určité míry odlišovat od představeného schématu a tazatelé byli motivováni se v případě potřeby doptávat účastníky i mimo toto schéma. Srozumitelnost otázek byla ověřena v rámci předvýzkumu, do něhož se zapojili dva učitelé fyziky na ZŠ. Na základě jejich připomínek byly provedeny drobné úpravy mající za cíl zvýšit srozumitelnost kladených otázek a lépe iniciovat diskusi k tématu.

Do výzkumu se zapojilo celkem 31 učitelů fyziky (17 žen a 14 mužů) na základních školách a osmiletých gymnáziích v České republice. Průměrná délka jejich pedagogické praxe byla 13,2 roku (rozpětí 1 rok až 33 let, výběrová směrodatná odchylka 10,8 roku, medián 9 let). Celkem 28 učitelů působilo na základních školách a tři na gymnáziích, což proporčně odpovídá podílu žáků v příslušné věkové kohortě studujících na daných typech škol (podle údajů Českého statistického úřadu (ČSÚ, 2018) navštěvovalo víceletá gymnázia ve školním roce 2017/18 necelých 11 procent z celkového počtu dětí plnících školní docházku na 2. stupni). Detailní popis souboru účastníků je uveden ve studii Kohouta et al. (2019b).

Zapojení učitelé byli na začátek požádáni o podepsání informovaného souhlasu s účastí ve výzkumu a s nahráváním rozhovoru. Následně bylo zapnuto nahrávání a byly kladeny jednotlivé tazatelské otázky. Rozhovory trvaly 16 minut až 78 minut, v průměru byla jejich délka 31 minut. Získané nahrávky byly následně odeslány elektronickou formou ke zpracování do Plzně, kdy byly technicky upraveny a předány k automatickému přepisu textu pomocí softwaru Newton Dictate. Následně

byla provedena ruční kontrola a oprava pasáží, jež nebyly automaticky přepsány správně (u některých nahrávek byl automatický přepis tak špatný, že bylo třeba provést ruční přepis od začátku). Následovalo převedení příslušných textů do programu ATLAS.ti, kde byla realizována obsahová analýza zaměřená na vytipování příčin kritičnosti učitelem uvedených témat a na jejich umístění v rámci hierarchie konceptů. Uvedená hierarchie byla přitom graficky znázorněna ve formě stromu, což umožnilo názorně ukázat, které části fyzikálního kurikula pokládá daný učitel za problematické a proč. Toto grafické znázornění posloužilo mimo jiné k prohloubení poznatků z dotazníků, kde učitelé označovali kritická místa explicitně (viz další odstavec), a hrálo roli při závěrečné syntéze informací z různých zdrojů a vytipování kritických míst.

5) Výběr kritických míst učitelů se (respektive bez) zohledněním vlivu matematiky – Přibližně v polovině výše popsaného polostrukturovaného rozhovoru a znovu na jeho konci vybíralo 31 účastníků z nabídky 80 analytických jednotek²¹ (potenciálních kritických míst kurikula) typicky probíraných v 6. a 7. ročníku nejvýše 10, která pokládají za kritická. Uvedený seznam je v Příloze 2 k této kapitole, přičemž detailní informace k jeho tvorbě lze nalézt ve studii Kohouta et al. (2018). Poprvé byl uvedený výběr učitelů realizován zcela bez omezení a na základě intuitivní představy učitelů o tom, co je kritické místo²², podruhé pak byli učitelé instruováni, aby svoji volbu prováděli pouze s ohledem na fyzikální podstatu věci a bez uvážení případného vlivu matematické nedostatečnosti žáků. Při druhém výběru mohli učitelé svoji volbu významně upravit, bylo však samozřejmě možné vybírat stejně jako v prvním případě, na což byli účastníci explicitně upozorněni.

6) Výzkum fyzikálních prekonceptů na základě úloh z mezinárodního šetření TIMSS pro 4. ročníky a rozhovorů se žáky – Uvedený výzkum zahrnoval identifikaci úloh z mezinárodního šetření TIMSS z let 2007, 2011 a 2015 vhodných ke zjištění nesprávných prekonceptů žáků a následně určení příčin těchto

²¹ V podstatě témat vyučovaných standardně v rozsahu jedné vyučovací hodiny, jež zahrnuje jednu či více učebních úloh, resp. základních analytických jednotek. Podrobnější informace k analytickým jednotkám jsou uvedeny v monografii Mentlíka et al. (2019).

²² Pokud se učitelé ptali, co mají chápat pod pojmem kritické místo, byli odkázáni právě na intuitivní chápání tohoto pojmu.

prekonceptů na základě rozhovorů se žáky 4. ročníků vedených nad těmito úlohami. Bylo analyzováno 80 originálních úloh z šetření TIMSS realizovaných v letech 2007, 2011 a 2015 včetně výsledků v České republice a rovněž v mezinárodním kontextu. Byla stanovena jednoznačná kritéria pro to, aby úlohu bylo možné pokládat za vhodnou z hlediska identifikace nesprávných fyzikálních prekonceptů. Ve druhé fázi výzkumu byly s cílem lépe porozumět souvislostem týkajícím se prekonceptů v říjnu 2018 realizovány rozhovory se 13 žáky 4. ročníku jedné z plzeňských základních škol. Byl získán informovaný souhlas školy a rodičů

žáků s realizací šetření, přičemž byla zaručena anonymita získaných dat. Zapojení žáci nejprve vyplnili test obsahující 11 úloh identifikovaných v první části výzkumu²³ a následně odpovídali v rozhovoru trvajícím cca 10 minut na otázky výzkumníka zaměřené na to, proč u dané úlohy zvolili tu či onu možnost.

Zásadním krokem výzkumu byla následná syntéza poznatků získaných jednotlivými technikami a stanovení kritických míst včetně jejich příčin. Metodické poznámky k této syntéze budou uvedeny společně s výsledky v kapitole 4.6.

²³ Uvedení žáci se šetření TIMSS neúčastnili a jednalo se tak o jejich první setkání s danými úlohami.

Příloha 3.1

Otázky pro polostrukturovaný rozhovor s učiteli

V souladu s publikací Švaříčka a Šedřové (2007) definujeme základní výzkumnou otázku (ZVO) a specifické výzkumné otázky (SVO) následovně:

ZVO: Jak učitelé fyziky na ZŠ vnímají kritická témata ve smyslu samotného uchopení tohoto slovního spojení a ve smyslu identifikace a řešení konkrétních témat z učiva 6. a 7. ročníku?

SVO1: Jaká témata probíraná typicky v 6. a 7. ročníku ZŠ pokládají učitelé fyziky na ZŠ za kritická?

SVO2: Co si učitelé fyziky na ZŠ představují pod slovním spojením kritické téma?

SVO3: Jak vnímají učitelé fyziky na ZŠ vztah matematiky a fyziky v kontextu kritických témat?

SVO4: Jaké strategie uplatňují učitelé fyziky na ZŠ při vypořádávání se s kritickými tématy?

Tazatelské otázky (TO) jsou následně přiřazeny k jednotlivým SVO s tím, že u některých TO z úvodu není přiřazena žádná SVO (jde o „rozehrívací“ otázky odpovídající trychtýřovitému pojetí rozhovorů). Přiřazení TO k SVO je patrné z označení (číslo za pomlčkou), v některých případech daná TO zasahuje do více SVO.

Průběh rozhovoru

Po úvodním přivítání, seznámení učitele s obsahem výzkumu a podepsáním informovaného souhlasu s nahráváním, zapnul výzkumník diktafon a začal klást jednotlivé TO:

TO-a. Jak dlouho působíte jako učitel(ka) na základní škole?

TO-b. Pro výuku jakých předmětů jste aprobován(a)?

TO-c. Jaké předměty vedle fyziky vyučujete?

TO-d. Jaké učebnice či sady učebnic používáte při výuce fyziky?

TO-1a. Uveďte, prosím, jaká témata ve výuce fyziky v 6. a 7. ročníku pokládáte za kritická.

TO-2a. Proč jste u předchozí otázky vybral/a právě ta témata, která jste vybral(a)?

TO-2b. Jaké jsou vaše oblíbená a neoblíbená témata či oblasti témat v rámci fyziky jako rozsáhlé a různorodé disciplíny (pokud tedy takové oblasti máte?)

TO-2c. Zkuste se podívat na výuku fyziky v 6. a 7. ročníku očima svých žáků. Která témata jsou podle Vašeho názoru nejvíce problematická?

TO-2d. Jsou nějaká témata v 6. a 7. ročníku, kde pocítujete nedostatek vhodných pomůcek či učebních materiálů? Pokud ano, o která se jedná?

TO-2e. Která témata z 6. resp. 7. ročníku Vám přijdou jako nejvíce abstraktní?

TO-2f. Která témata z učiva 6. a 7. ročníku pokládáte za nejdůležitější z hlediska jejich dalšího uplatnění ve studiu fyziky?

V tomto bodě bylo přistoupeno k další části rozhovoru se seznamem témat na papíře, z nichž učitel vybíral. Tato část byla uvedena zhruba následovně: „Bavíme se o kritických tématech ve výuce fyziky v 6. a 7. ročníku ZŠ. Zatím jste uváděl/a a pojmenovával/a témata ze svého hlediska bez ohledu na to, zda se jednalo o větší či menší celky. Nyní Vás požádáme, zda byste se podíval/a na seznam témat sestavených podle typických učebnic a ŠVP a zakroužkoval/a nejvýše 10 kritických témat z tohoto seznamu bez uvedení pořadí. Může se stát, že některé z těchto témat v 6. či 7. třídě vůbec neprobíráte, a to ani pod jiným názvem. V takovém případě jej, prosím, označte křížkem.“

TO-1b. Zakroužkujte, prosím, nejvýše 10 kritických témat ze seznamu. Témata, která v 6. či 7. třídě vůbec neprobíráte, označte, prosím, křížkem.

TO-2g. Děkujeme za vyplnění. Můžete, prosím, stručně okomentovat Vaše motivy pro uvedený výběr? Zaměřte se především na témata, která jste v diskuzi před předložením seznamu nezmiňoval(a), pokud taková jsou.

TO-2h+3a. Do jaké míry, pokud vůbec, vnímáte jako problém při výuce fyziky případnou matematickou nedostatečnost žáků?

TO-3b. Potřebujete ve fyzice v 6. a 7. ročníku i znalosti a dovednosti, které ještě v matematice neměli žáci možnost získat a rozvinout?

TO-3c. Jak se, obecně vzato, díváte na vzájemný vztah matematiky a fyziky?

TO-4a. Jaké strategie používáte při své výuce ve snaze zvládnout dříve diskutovaná kritická témata?

TO-4b. Jak v souvislosti se zvládnutím kritických témat vnímáte potenciál nových výukových metod, jako je badatelská metoda, projektová metoda či metoda Peer Instruction?

TO-4c. Jak hodnotíte potenciál neformálního vzdělávání zahrnujícího např. exkurze do science center či účast na akcích typu Věda na ulici pro zvládnutí kritických témat?

TO-4d. Jaké výukové materiály využíváte vedle učebnic při výuce kritických témat?

TO-4e. Tvoříte si pro výuku kritických, popř. i dalších témat, vlastní výukové materiály, a pokud ano, proč?

Učitelé byli následně požádáni, aby opětovně označili nejvýše 10 z jejich pohledu kritických témat s tím rozdílem, že nezohlední případnou matematickou nedostatečnost žáků. Otázka byla uvedena např. následovně: „V uplynulých minutách jsme hovořili o kritických tématech ve výuce fyziky v 6 a 7. třídě ZŠ. Nyní Vás požádám, abyste znovu uvedl/a v tomto seznamu obsahujícím stejná témata jako na začátku nejvýše 10 témat z Vašeho pohledu kritických. **Tentokrát však již zkuste nebrat vůbec v potaz případnou matematickou nedostatečnost žáků a zaměřte se na fyzikální podstatu věci.** Můžete samozřejmě volit zcela stejně jako předtím, můžete ovšem rovněž svoji volbu podstatně změnit.“

TO-1c. Zakroužkujte, prosím, nejvýše 10 kritických témat ze seznamu. Zohledněte fyzikální podstatu věci, nikoliv případnou matematickou nedostatečnost žáků.

Příloha 3.2

Seznam základních analytických jednotek

Seznam včetně pořadí byl zpracován dle podkapitol v učebnicích majících ministerskou doložku (prvotně z učebnice nakladatelství Fraus) a s ohledem na strukturu vybraných ŠVP. Téma je přitom chápáno jako analytická jednotka vyššího řádu vyučovaná typicky v rozsahu jedné vyučovací hodiny – zde samozřejmě závisí na hodinové dotaci fyziky na jednotlivých školách. Dle výsledků našeho výzkumu zaměřeného na hodinovou dotaci fyziky (Mollerová et al., 2018) je v 6. ročníku průměrně dotace cca 1,6 hodiny týdně, v 7. ročníku pak cca 1,9 hodiny týdně. To při počtu týdnů ve školním roce a při uvážení občasného odpadání hodin a nutnosti věnovat část hodin opakování, písemným pracím apod. odpovídá cca 80 výkladovým hodinám v těchto dvou ročnících. Počet témat byl tudíž směřován k tomuto počtu a příslušný seznam byl sestaven následovně:

1. Skupenství látek
2. Atomy a molekuly, jejich vlastnosti
3. Fyzikální veličiny
4. Rozměry těles, délka
5. Jednotky délky
6. Měření délky
7. Určení polohy, vodorovný a svislý směr
8. Hmotnost těles a jednotky hmotnosti
9. Měření a porovnávání hmotností těles
10. Čas a jednotky času
11. Měření času
12. Pohyb těles, rychlost
13. Souvislost dráhy, času a rychlosti
14. Objem a jeho jednotky
15. Měření objemu pevných a kapalných těles
16. Roztažnost těles a látek
17. Teplota a teplotní stupnice
18. Měření teploty tělesa
19. Hustota a její jednotky
20. Výpočet a měření hustoty
21. Síla a její měření
22. Elektrování třením
23. Dva druhy elektrického náboje
24. Určení velikosti a znaménka náboje
25. Model atomu
26. Zdroje elektrického náboje
27. Elektrické vodiče a nevodiče
28. Elektrický výboj, blesk a ochrana před ním
29. Magnety a jejich vlastnosti
30. Póly magnetu a působení na různá tělesa
31. Magnetické pole
32. Magnetické indukční čáry
33. Magnetické pole Země, kompas
34. Elektrický proud
35. Elektrické napětí a jeho zdroje
36. Účinky elektrického proudu
37. Elektrický obvod, jeho schéma

38. Jednoduchý elektrický obvod
39. Složitější elektrické obvody
40. Elektrický proud v kapalinách a plynech
41. Bezpečnost při práci s elektřinou, zkrat
42. Magnetické vlastnosti elektrického proudu
43. Elektromagnet
44. Klid a pohyb tělesa
45. Posuvný a otáčivý pohyb
46. Průměrná rychlost
47. Okamžitá rychlost
48. Rovnoměrný a nerovnoměrný pohyb
49. Dráha rovnoměrného pohybu
50. Kinematické grafy
51. Vzájemné působení těles
52. Síla a její účinky
53. Znázornění síly
54. Skládání sil
55. Tíhová síla
56. Těžiště
57. Setrvačnost
58. Síla a změny pohybu
59. Akce a reakce
60. Tlak, tlaková síla
61. Smykové tření
62. Valivé tření a odpor prostředí
63. Vlastnosti kapalin, povrchové napětí
64. Hydrostatický tlak
65. Archimédův zákon
66. Plavání těles
67. Pascalův zákon a hydraulická zařízení
68. Vlastnosti plynů
69. Atmosférický tlak a jeho měření
70. Atmosféra Země a základy meteorologie
71. Přetlak, podtlak, vakuum
72. Přímocharé šíření světla, rychlost světla
73. Stín a polostín
74. Zatmění Slunce a Měsíce
75. Fáze Měsíce
76. Zákon odrazu, odraz světla na rovinném zrcadle
77. Kulová zrcadla
78. Lom světla
79. Čočky a zobrazení předmětů čočkami
80. Oko

4 Výsledky výzkumu vedoucího ke stanovení kritických míst a jejich příčin

4.1 Analýza vnějších podmínek

Tato analýza měla za cíl „prozkoumat terén“ a zjistit, jaká je vůbec v současné době praxe ve výuce fyziky na základních školách. Zahrnovala rámcový rozbor školních vzdělávacích programů²⁴, výročních zpráv škol a učebnic, rozhovory s řediteli škol týkající se aprobovanosti a rovněž dotazníkové šetření týkající se toho, jak žáci 1. ročníku střední školy (SŠ) hodnotí výuku fyziky na základní škole, kterou absolvovali. Zahrnuty byly školy z Plzeňského a Karlovarského kraje. Výsledky analýzy stejně jako detailní informace k metodologii jsou uvedeny ve studii Mollerové et al. (2018). Zde provedeme pouze krátké shrnutí těch nejvýznamnějších poznatků majících relevanci k identifikaci kritických míst. Bylo zjištěno, že v téměř 40 % škol v 6. ročníku je fyzice věnována pouze jedna hodina týdně (ve zbytku dvě hodiny). Srovnání rozsahu probíraného učiva dle ŠVP však ukázalo, že mezi oběma skupinami byl jen minimální rozdíl a obsah i rozsah učiva byl obvykle dán používanou učebnicí. Ukázalo se rovněž to, že jen u méně než 10 % škol dochází k půlení tříd alespoň na jednu hodinu týdně během celého 2. stupně ZŠ. To může mít zvláště ve školách s větším počtem žáků zásadní dopad na možnost realizovat komplexnější laboratorní práce, výukové projekty apod. Na druhé straně ve zhruba 80 % škol byla samostatná učebna fyziky, ačkoliv míra její vybavenosti může být samozřejmě různorodá a nebyla předmětem výzkumu.

Výzkum zároveň prokázal důležitost toho, aby byla výuka vedena aprobovaným učitelem

fyziky, když byl na vzorku 58 škol zjištěn statisticky významný rozdíl mezi tím, jak žáky fyzika bavila na školách, kde měli plně aprobované fyzikáře a nikoliv. P-hodnota užitého dvouvýběrového t-testu středních hodnot byla 0,004. Podobně bylo prokázáno častější zařazování experimentů do výuky na školách s aprobovanými fyzikáři, když výzkum mezi žáky ukázal, že průměrná míra experimentování v hodinách fyziky byla u škol s plně aprobovanými fyzikáři 3,42 bodu z možných 8²⁵, zatímco v případě úplné neaprobovanosti to bylo jen 2,83 bodu. P-hodnota testu byla 0,097, což naznačuje statistickou významnost na hladině 0,1. Bohužel bylo zjištěno, že věková struktura učitelů fyziky a zájem o studium učitelství v tomto oboru jsou extrémně nevyhovující a v následujících letech se dá očekávat další zhoršování současného stavu. Tyto závěry potvrdilo i následné šetření MŠMT realizované v celé České republice (MŠMT, 2019). Veškerá opatření k překonání kritických míst tak budou závislá na tom, jak se podaří do škol dostat kvalifikované učitele mající dostatečnou odbornou znalost a rovněž didaktickou kompetenci ve fyzice.

4.2 Vliv matematiky – dotazníkové šetření²⁶

Zapojení učitelé byli v průběhu rozhovoru opakovaně požádáni, aby z předloženého seznamu 80 základních analytických jednotek odpovídajících pro 6. a 7. ročníku ZŠ (viz kapitola 3) vybrali nejvýše 10, jež pokládají za kritické. V prvním kole nebyli ohledně výběru nijak instruováni ani omezeni²⁷, ve druhém byli požádáni, aby nebrali do úvahy matematické

²⁴ Jednalo se skutečně o rámcový rozbor týkající se posloupnosti jednotlivých tematických celků, nikoliv detailní analýzu toho, jak přesně je dané téma v ŠVP zpracováno. Tento detailnější rozbor byl proveden pouze pro později identifikovaná kritická místa a bude prezentován v kapitole 5.1 této monografie.

²⁵ Žáci se vyjadřovali u čtyř oblastí fyziky (mechanika, elektřina a magnetismus, termika a optika) k tomu, jak často byly na základní škole zařazovány do výuky experimenty. Časté zařazení odpovídalo dvěma bodům, občasné jednomu bodu a úplně vynechání experimentů nule bodů. Celkový počet bodů byl určen jako součet za jednotlivé oblasti.

²⁶ Tato podkapitola je zpracována podle studie Kohouta et al. (2019b).

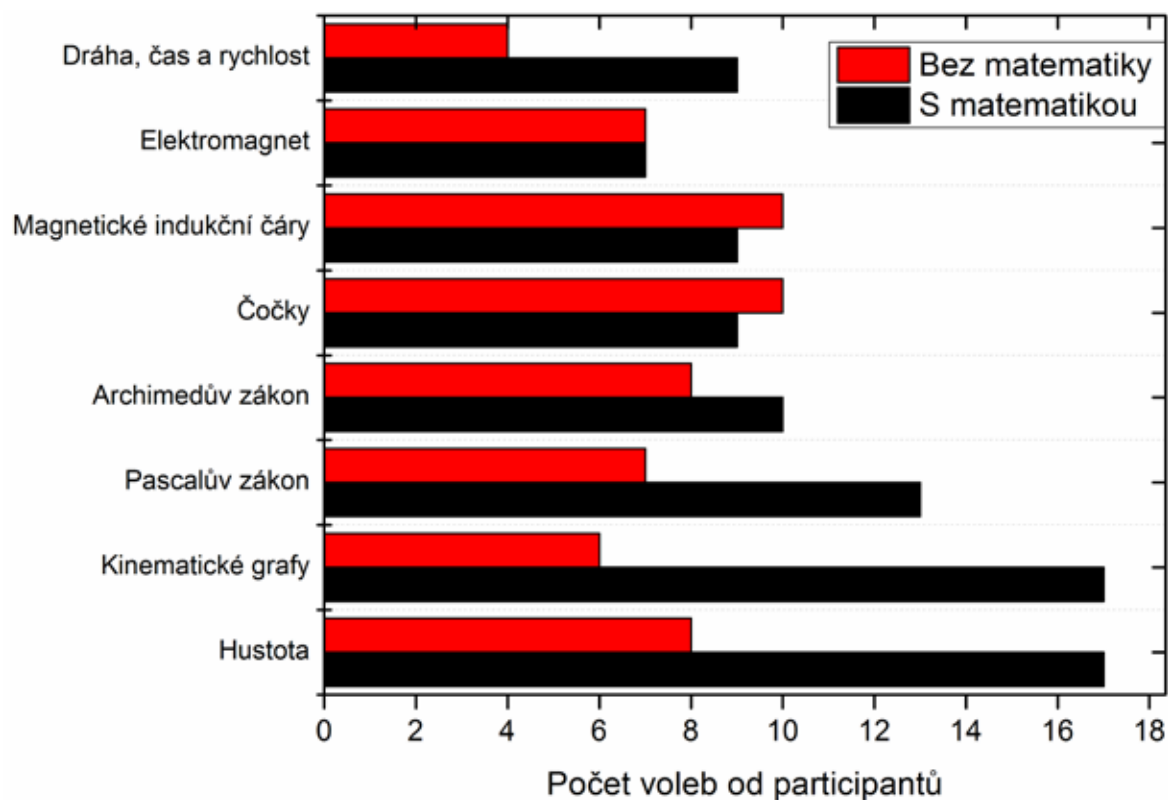
²⁷ Někteří učitelé se v této souvislosti doptávali, zda mají brát kritičnost z pohledu svého či z pohledu žáků a bylo jim odpovězeno, aby vybírali podle toho, jak sami subjektivně chápou pojem kritické místo.

aspekty a věnovali se pouze fyzikální podstatě věci.

V prvním případě označilo 31 učitelů celkem 274 témat, což odpovídá v průměru necelým devíti volbám na učitele. Napodruhé bylo celkově vybráno 220 témat, došlo tedy k poklesu průměrného počtu na lehce přes sedm voleb na učitele. Oba výběry se shodovaly pouze cca z 50 % a zhruba dvě třetiny učitelů na základě průběhu rozhovoru a doplňující instrukce týkající se matematiky svoji volbu výrazně přehodnotily. Na druhé straně pět učitelů vybíralo v obou případech zcela stejně. To zdůvodnili většinou (ve třech případech) tak, že matematickou nedostatečností žáků neuvažovali ani při prvním výběru (např. Participant 27: „*To já jsem nebral ale ani předtím*“), ve dvou případech naopak tím, že dle jejich názoru nelze matematiku a fyziku od sebe oddělit (např. Participantka 3: „*Pro mě prostě matematika a fyzika jsou dvě neoddělitelné disciplíny a myslím si, že to prostě bez toho nelze. Takže já zaškrtnu stejná témata.*“). Neuvážení matematických aspektů bylo v rámci našeho

vzorku typické pro učitele mající aprobaci fyzika a technická výchova, resp. učitele matematiky a fyziky, kteří preferují fyziku. Naopak neoddělitelnost obou disciplín zmiňovali učitelé s aprobací matematika-fyzika, kteří v rámci rozhovoru uvedli, že jsou orientováni více na matematiku.

Obrázek 1 udává četnost výběrů u osmi analytických jednotek s největšími počty voleb při prvním vyplnění. Zatímco u některých témat probíraných na ZŠ pouze kvalitativně bez výpočtů (čočky, magnetické indukční čáry, elektromagnet) se počet výběrů s přidáním podmínky za zanedbání matematických aspektů nezměnil či mírně vzrostl, u některých matematickou nedostatečností žáků obvykle silně ovlivněných jednotek (souvislost dráhy, rychlosti a času, kinematické grafy) došlo ke značnému poklesu. U Archimédova a Pascalova zákona, kde výpočty hrají i na ZŠ značnou roli, však tato témata získala více voleb rovněž v případě bez uvážení matematiky. K vyjasnění těchto a dalších poznatků nám posloužily polostrukturované rozhovory s učiteli.



Obr. 1 Četnost výběrů analytických jednotek v množině celkem 31 učitelů pro případy bez, resp. s zohledněním matematických aspektů problematiky – převzato ze studie Kohouta et al. (2019b)

4.3 Rozhovory s učiteli fyziky²⁸

Jak bylo uvedeno v kapitole 3, v rámci rozhovorů s učiteli byly uvažovány celkem čtyři specifické výzkumné otázky (SVO). V této části se budeme zabývat informacemi získanými od učitelů dle pořadí jednotlivých SVO.

SVO1

Jaká témata probíraná typicky v 6. a 7. ročníku ZŠ pokládají učitelé fyziky na ZŠ za kritická?

Tazatelské otázky odpovídající uvedené SVO byly položeny ještě před tím, než proběhlo vyplnění dotazníku dle kapitoly 4.2. Nejčastěji byla zmiňována hustota, u které učitelé někdy spontánně uváděli postupy, jejichž pomocí se snaží příslušný problém řešit. Např. Participantka 3 uvedla: „V té šesté třídě je opravdu kritické místo hustota, takže tam třeba já osobně to řeším tak, že hustotu učím až na konci školního roku ne hnedka po těch ostatních fyzikálních veličinách, ale počkám si, až děti trošičku něco umějí a zvyknou si na to, na fyziku jako na nový předmět, takže v šestce je to určitě hustota.“ Vedle matematické náročnosti u hustoty hraje roli míra abstrakce u této problematiky, což podchytila Participantka 14: „Hustota je prostě na tu představivost, i když se jim to člověk snaží různými způsoby vysvětlit, tak stejně u některých dětí je to katastrofální a ta představa se tam nedaří vybudovat.“

Řada participantů pak uváděla automaticky témata, kde se realizují matematické výpočty. Např. Participant 20 zmiňuje: „Tak nejkritičtější jsou témata, kde je třeba dojít k nějakým výpočtům...“ V žádném z případů nedošlo k tomu, že by učitel neuvedl spontánně ani jedno jím vnímané kritické téma, a typicky byla odpověď na příslušnou otázku velmi rychlá.

SVO2

Co si učitelé fyziky na ZŠ představují pod slovním spojením kritické téma?

Zde se zcela jednoznačně ukázalo, že učitelé pokládají za kritické to, co dle jejich zkušenosti dělá největší problémy jejich žákům. V tomto smyslu se vyjádřili prakticky všichni participanté výzkumu. Jen výjimečně docházelo k případům, že by učitelé uvedli jako kritické téma

něco, o čem v další části rozhovoru uvedli, že je samo nebaví. Pokud ano, šlo o témata výrazně ovlivněná matematikou, např. Participant 27, který zmínil jako kritické na prvním místě převody jednotek, k tomu uvedl: „Jako v tý výuce bych viděl, tam ty převody jednotek a to co je víc matika než fyzika, to nemám rád.“

Naopak poměrně častá situace byla, že učitel uvedl jako kritická právě témata, která následně definoval jako svoje oblíbená. Participant 12 se v této souvislosti zajímavě vyjádřil k problematice tlaku vyvolaného objemovou a povrchovou silou, jejichž časté zaměňování žáky vedlo pravděpodobně k tomu, že obě uvedená témata byla v dotazníku často uváděna jako kritická i bez zohlednění matematiky (viz část 4.2). Uvedl následující: „Takže Pascalův zákon, to je problém. Za mě je to krásná věc, co se dá pěkně ukázat a stejně tak i Archimédův zákon. Ale co je problém pro ty děti, tak rozlišit hydrostatická tlaková síla a tlak. Možná jim to špatně vyložím, mně to přijde jasný, a těm dětem to potom splývá.“

Celkově je možné u této SVO říci, že učitelé pojmají kritičnost jednoznačně z pohledu žáků a pokud do ní promítají svoje vlastní preference, je to spíše v tom smyslu, že jsou u svých oblíbených témat zklamáni výsledky dětí, než tím, že by svoje neoblíbená témata označovali automaticky jako kritická. Učitelé byli tázáni i na klíčová místa (resp. témata s největším uplatněním v dalším studiu fyziky). Zde participanté obvykle zmiňovali převody jednotek a otázky související se silovým působením. Participantka 17 k tomu uvedla: „Tak bych nejradši řekla, že všechna témata jsou důležitá a víceméně se proplétají i nadále, ale určitě to nepůjde bez těch jednotek, bez síly, bez působení sil.“

SVO3

Jak vnímají učitelé fyziky na ZŠ vztah matematiky a fyziky v kontextu kritických témat?

U této SVO se ukázalo, že učitelé (včetně těch, kteří nemají matematiku jako druhou aprobaci) vnímají vzájemný vztah obou disciplín velmi významně. Všichni se shodují v zásadním významu matematiky pro fyziku jako vědu, různé názory však již mají na to, jak podstatná má být tato vazba na ZŠ. Participant 27 například

²⁸ Tato podkapitola je zpracována podle studie Kohouta et al. (2019b).

uvádí: „Jako vědní disciplína samozřejmě fyzika je aplikovaná matematika, to prostě tak je, i když to jako fyzikáři neradi přiznáváme. Ale na té základce si myslím, že zase nevyrábíme malé fyziky a že se bez toho klidně obejdou a může se tam udělat plno krásné práce pedagogické a nemusím k tomu znát vůbec matematiku. To je možná trochu kacířská myšlenka ode mě, ale i tak si to myslím. Je tam plno jiných věcí, co si z té fyziky mohou odnést a matematiku k tomu vůbec nepotřebují.“

Většina učitelů především s aprobací matematika-fyzika však klade na matematickou stránku věci důraz, což dávají do souvislosti i se svými preferencemi. Např. Participantka 26 uvádí: „Já jsem hodně matematicky zaměřená. Já nejsem experimentátor. I když snažím se zdůraznit, že všechny údaje, které získáváme z úloh, jsou zjištěné experimentálně.“ Globálně se učitelé shodují na tom, že matematická nedostatečnost žáků je problém, přičemž velmi často vidí příčinu ve špatné kurikulární provázanosti matematiky a fyziky. Participantka 26 k tomu uvádí: „Bohužel špatná koordinace mezi matematikou a fyzikou. Než přišlo slavné ŠVP, tak to bylo v pořádku. Já jsem matikář, tak si to upravím podle sebe... Když matematiku učí někdo jiný, tak si učí podle sebe.“

Obzvláště citlivě byl rozpor vnímán u rovnic, které zmínily v souvislosti se špatnou provázaností téměř dvě třetiny participantů. Participantka 8 k tomu uvádí: „Dětem chybí jednoduché rovnice, které dřív se učili v té páté třídě, pokud ještě bylo osm tříd základní školy. Dneska jsou přesunuty až na konec osmé třídy nebo do poloviny osmé třídy a chybí jim vlastně úprava vzorců, chybí jim funkční závislosti, takže nezvládnou rozeznat, jestli se jedná o nějakou závislost mezi veličinami, o přímou úměrnost nebo nepřímou úměrnost.“ Celkově lze říci, že učitelé fyziky vnímají provázanost s matematikou jako velmi závažný problém a příčinu často vidí v kurikulárních úpravách realizovaných v souvislosti se zaváděním RVP a ŠVP.

SVO4

Jaké strategie uplatňují učitelé fyziky na ZŠ při vypořádávání se s kritickými tématy?

U této SVO učitelé často zmiňovali spirálovité pojetí kurikula (byť tomu tak neříkali)

diskutované detailně Dvořákem (2009). Za důležité tedy pokládají dostatečné opakování a procvičení, a také zpětné vracení se k tématu (především u klíčových míst). Participantka 6 k tomu uvádí: „Je třeba neustále procvičovat, i když se už bere jiná látka, tak ty převody, veličiny pořád průběžně procvičovat a vracet se k nim.“ Někteří učitelé (speciálně nemající jako druhou aprobaci matematiku) zdůrazňují zásadní význam experimentu. Např. Participant 28 uvádí: „Myslím si, že prostě didaktika fyziky stojí a padá na fyzikálním experimentu. To je prostě stavební kámen a od toho by se to všechno mělo rozvíjet... Ten primární efekt tam musí mít ten vyučující s tím pokusem a nejlépe s tím pokusem, které dělá to dítě samotné, na kterém to uvidí, vyzkouší a zjistí, jak co funguje.“ Menšina učitelů vidí řešení ve změnách kurikulárních dokumentů a tematických plánů. Podstatné změny by například uvítal Participant 11, který říká: „Elektrodynamiku bych ze základní školy úplně vyškrtnul. Dal bych to až na střední.“

Učitelé se rovněž vyjadřovali k potenciálu nových výukových metod, kde převažovala skepse k jejich přímé aplikaci do výuky v důsledku omezené časové dotace a ke kvalitě a dostupnosti doplňkových materiálů. Zde se učitelé vesměs shodovali, že není problém s kvantitou těchto materiálů, ale je problematická jejich úroveň, a to i na oficiálních serverech. Participant 11 k tomu uvádí: „Dumy mě nebaví, tam je spousta plevele. Je tam spousta blbostí, takže jsem se rozhlížel po internetu a hledal tak různě.“ Diskutován byl rovněž potenciál neformálního vzdělávání, kde většina učitelů oceňovala možnost exkurzí do science center, zároveň však řada z nich upozorňovala, že v jejich případě se nejedná o aktivitu vhodnou pro celou třídu a jde spíše o akci za odměnu pro zájemce o fyziku. Participantka 6 k tomu uvádí: „Protože z mého pohledu nemá cenu brát na nějakou takovou exkursi takové ty žáky, na kterých prostě už i v těch hodinách je vidět, že to mají za trest, že je to nebaví a je důležité si to tam jenom odsedět. A ti by to akorát těm ostatním prostě zkazili ten výlet. Takže z mého pohledu tedy ty akce určitě jsou přínosné, ale opravdu jenom pro ty děti, které o to sami stojí.“



Obr. 2 Wordcloud získaný v rámci analýzy rozhovorů pomocí programu ATLAS.ti – převzato ze studie Kohouta et al. (2019b)

Ucelenou představu o tom, jak probíhaly rozhovory s učiteli, nám dává Obrázek 2, kde je uvedena část tzv. *wordcloudu* vytvořeného v programu ATLAS.ti na základě zpracování všech 31 rozhovorů s učiteli. Velikost písma přitom odpovídá tomu, jak často bylo uvažované slovo v rozhovorech zmiňováno. Jsou zahrnuta pouze slova vyskytující se velmi často. Nejčastější předložky a spojky jsou odfiltrovány tak, aby neovlivňovaly výsledky. Obrázek slouží především k ilustraci a získání základní představy, protože různé formy stejného slova jsou započítávány zvlášť, což značně ztěžuje případnou detailní kvantitativní analýzu. I tak je zde však patrná výrazná orientace učitelů na děti, jež souvisí s tím, že prakticky všichni brali kritická místa právě z pohledu svých žáků (v součtu se výrazy „děti“, „žáků“ a „žáci“ objevily celkem 201krát). Není překvapivé, že hojně byl zastoupen výraz „problém“, který se vyskytl celkem 193krát. Patrný je i důraz na tvorbu vlastních materiálů, které učitelé zmiňovali v souvislosti s překonáváním kritických míst. Pod pojmem „materiály“ (87 výskytů) přitom měli na mysli typicky nemateriální didaktické prostředky jako pracovní listy apod. Materiální didaktické prostředky pak zapojení učitelé označovali typicky jako pomůcky a věnovali jim v průměru o poznání menší pozornost (49 výskytů).

Pro snazší identifikaci kritických míst a jejich příčin byl rovněž v programu ATLAS.ti vytvořen pro každý rozhovor zvlášť strom, v němž byla zobrazena ta část hierarchické struktury konceptů uvažovaných v prvních dvou letech na ZŠ, jež byla daným učitelem označena v rámci rozhovoru jako kritická.

4.4 Problematické úlohy v mezinárodním srovnávacím šetření TIMSS

Proces výběru úloh označených jako problematické je společně s odhadem příčin jejich problematickosti a hlubším ontodidaktickým rozbohem provedeným technikou tzv. sémanticko-logických sítí detailně proveden ve studii Kohouta et al. (2019a). Zde se soustředíme pouze na velmi stručné shrnutí vybraných výsledků majících podstatný význam pro určení kritických míst. Celkově bylo identifikováno 19 problematických úloh, přičemž nejvýraznější rozdíl mezi českými žáky a mezinárodním průměrem (prakticky o 15 procentních bodů v neprospěch českých žáků) byl zaregistrován u úlohy týkající se aplikačního konceptu Elektromagnet zadané v roce 2007²⁹. Velmi špatný výsledek (propad o více než 10 procentních bodů proti mezinárodnímu průměru) byl znamenán i u úlohy týkající se organizačního konceptu Magnetické indukční čáry. Velmi

²⁹ Šlo přitom o samotnou podstatu činnosti elektromagnetu, když žáci byli tázáni, co se stane s hřebíkem omotaným izolovaným vodičem, pokud jím začne procházet proud. Jednoznačně nejčastější odpověď byla, že i hřebíkem poteče proud, mnohem méně uvedlo správnou odpověď, že se hřebík zmagnetuje.

slabé výsledky byly zjištěny také u několika úloh spadajících pod substantivní koncept Energie³⁰ a rovněž u většiny problémů týkajících se organizačního konceptu Šíření světla.

Odhadované příčiny problematičnosti úloh přitom byly různé. V některých případech (magnetismus, elektromagnet, optika) mohla značnou roli sehrát skutečnost, že jsou tato témata probírána až na konci školního roku a už jim tudíž není věnována odpovídající pozornost ze strany učitele ani žáků. U konceptu Šíření světla šlo ve většině případů o netypové úlohy (ve vztahu k českým učebnicím, zvyklostem při výuce apod.). Netypičnost zde byla paradoxně dána tím, že tato problematika je na první pohled vnímána jako příliš triviální a samozřejmá, a tudíž jí není věnována patřičná pozornost. V několika výpočtových úlohách sehrála evidentně značnou roli matematická nedostatečnost žáků a byl zaznamenán i případ, kdy byla v českém překladu testové úlohy užita z hlediska ZŠ velmi nezvyklá terminologie (v zadání bylo „kinetická energie“ místo obvykle užívaného „pohybová energie“, což mohlo výsledky žáků negativně ovlivnit).

Souhrnně je možné konstatovat, že problematiku úloh se objevovaly v podstatě ve všech zásadních tematických celcích probíraných v prvních letech fyziky na ZŠ a příčiny jejich problematičnosti je tak nutné hledat pro jednotlivé úlohy, a to jak v psychodidaktické, tak rovněž v ontodidaktické oblasti³¹.

4.5 Testování Českou školní inspekcí

Úlohy zadávané v testování přírodovědné gramotnosti Českou školní inspekcí jsou výrazně ovlivněny mezinárodním šetřením PISA. Jsou tedy obvykle pojaty jako multioborové a je v nich kladen důraz na uvažování typické pro vědeckou práci. V testování PISA se dokonce v této souvislosti důsledně rozlišují tzv. úlohy o přírodních vědách týkající se primárně právě vědeckého myšlení od tzv. úloh z přírodních věd, kde je ověřována i znalost obsahu (i tam je však akcentováno multioborové pojetí). Na rozdíl od úloh ze šetření TIMSS tak nejsou tyto úlohy ve většině případů příliš vhodné

k určování kritických míst, protože se zaměřují spíše na obecněji pojaté schopnosti a dovednosti než na specifické zvládnutí konkrétního tématu. Dávají nám však dobrou představu o tom, jaké intelektuální postupy a strategie dělají žákům problémy, a přispějí tak k hlubšímu objasnění příčin kritičnosti. Hlavní poznatky z výsledků testování žáků jsou uvedeny v příslušné kapitole přehledové studie k plánovaným změnám RVP (Kohout, 2018, s. 4–6). Zde uvedeme několik vybraných bodů relevantních z hlediska analýzy příčin kritických míst nejen pro fyziku, ale například i pro geografii:

- Bylo zjištěno, že žáci, kteří uvedli fyziku jako významný zdroj informací pro úspěšné zvládnutí testu, dosahovali celkově lepších výsledků ve srovnání s těmi, kteří tak neučinili. To ukazuje na důležitost fyzikálního myšlení a je třeba poznamenat, že u ostatních oborů nebyl tento trend pozorován.
- Žáci mají zásadní problém s interpretací výsledků fyzikálního experimentu udaného v přehledné tabulce a také s rozhodnutím, co lze daným experimentem vlastně vůbec prokázat.
- Zásadní problém nastává v oblasti čtení z grafů a interpretace informací v nich uvedených. Žáci mají tendenci zaměřovat osy x a y a v důsledku toho se dostávají ke zcela nesmyslným závěrům.
- Jako velmi problematická se jeví oblast důsledků pohybu Země kolem své osy a Země kolem Slunce, jež se nachází na rozhraní fyziky a geografie. Hlavní problém přitom nastane, když je potřeba při řešení konkrétní úlohy zohlednit oba uvedené pohyby (týká se například doby trvání dne v různých ročních obdobích v různých zeměpisných šířkách).

4.6 Fyzikální prekoncepty na prvním stupni ZŠ

Ačkoliv fyzika je vyučována až od 6. ročníku, se vzdělávacím obsahem spadajícím svojí povahou do této disciplíny se žáci setkávají již na prvním stupni základní školy v rámci předmětu

³⁰ U některých úloh týkajících se tohoto často testovaného konceptu však byly výsledky českých žáků naopak nadprůměrné.

³¹ Ontodidaktika zahrnuje analýzu obsahů vědních oborů s cílem jejich didaktické transformace a interpretace. Psychodidaktika provazuje teorie vyučování s psychologíí učení.

Přírodověda. V souvislosti s tím je i v mezinárodním srovnávacím šetření TIMSS zaměřeném na žáky 4. ročníku ZŠ v přírodovědné části zařazeno poměrně značný počet úloh s fyzikálním obsahem. Dochází však k situaci, kdy jsou v TIMSS poměrně často testovány znalosti, které si žáci ještě neměli šanci osvojit, protože danou problematiku ještě v přírodovědě neprobírali³². Tím se však otevírá značný prostor pro výzkum prekonceptů žáků, protože ti v uvedeném šetření odpovídali na dané úlohy pouze na základě své intuice či poznatků získaných mimo oblast formálního vzdělávání. Prekoncept chápeme jako subjektivní protějšek konceptu, přičemž tato problematika je detailně řešena v knize Slavíka et al. (2017, s. 156). Zjištění relevantních prekonceptů a faktorů je ovlivňujících pokládáme za důležitou součást výzkumu zaměřeného na kritická místa, protože jednou z příčin kritičnosti ve fyzice může být právě neodhalení nevhodných prekonceptů u žáků či obecně špatná práce s nimi (např. v důsledku nesprávné představy o tom, co již žáci vědí či by měli vědět z přírodovědy).

Z tohoto důvodu jsme realizovali výzkum, jenž zahrnoval identifikaci úloh z mezinárodního šetření TIMSS z let 2007, 2011 a 2015 vhodných ke zjištění nesprávných prekonceptů žáků a následně určení příčin těchto prekonceptů na základě rozhovorů se žáky vedených nad těmito úlohami. V první fázi bylo třeba stanovit vhodné úlohy. K dispozici jsme měli cca

80 originálních úloh z šetření TIMSS realizovaných v letech 2007, 2011 a 2015 včetně výsledků v České republice a v mezinárodním kontextu. Bylo třeba zajistit, aby se tyto úlohy týkaly dosud neprobíraných témat (v opačném případě by nešlo o výzkum prekonceptů), a zároveň, aby jejich pomocí bylo možné odhalit signifikantně nesprávné úvahy žáků a nikoliv pouze to, že žáci danou odpověď náhodně natipovali bez jakéhokoliv hlubšího důvodu. Bylo tak třeba zahrnout dosud neprobírané úlohy, kde zároveň některá z nesprávných odpovědí znamenala signifikantně větší zastoupení než ostatní nesprávné odpovědi. Z těchto důvodů byla pro výběr úloh stanovena následující dvě kritéria:

1. kritérium – obsah týkající se dané úlohy není dle vyjádření České školní inspekce standardně probírán do 4. ročníku ZŠ včetně.³³
2. kritérium – některá z nesprávných možností nabízených u uzavřených úloh typu *multiple-choice* byla vybrána více než $\frac{1}{n} \cdot 100\%$ českých žáků, kde n je celkový počet možností, tj. více než náhodně (typicky jsou nabízeny čtyři možnosti, příslušná hranice tak je 25 %).

Uvedená kritéria splnilo celkem 11 úloh, přičemž v tabulce je uveden podrobnější přehled včetně kódů těchto úloh dle České školní inspekce.

Tabulka 1. Úlohy týkající se prekonceptů – šetření TIMSS

	TIMSS 2007	TIMSS 2011	TIMSS 2015
Celkový počet úloh v šetření	31	32	34
Počet úloh splňující 1. kritérium	18	20	20
Počet úloh splňující 1. i 2. kritérium	2	5	4
Výběr zkoumaných úloh (mezinárodní kód)	S03 – 08 S04 – 07	S06 – 05, S07 – 05 S05 – 09, S01 – 06 S07 – 09	S05 – 10 S05 – 08 S02 – 08 S07 – 04

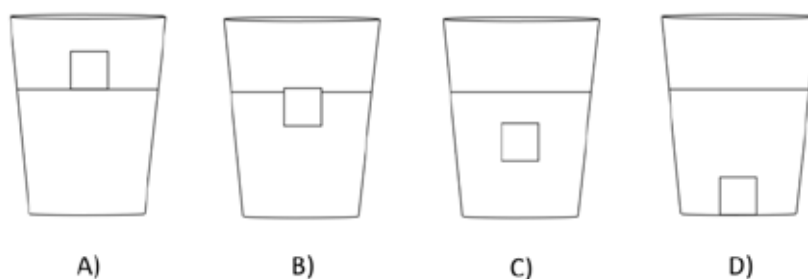
³² Buď z toho důvodu, že jsou předmětem výuky až v 5. ročníku, nebo proto, že se v přírodovědě v ČR (na rozdíl od jiných států) vůbec neučí a žáci se s nimi setkávají až na druhém stupni ZŠ ve fyzice.

³³ Vyjádření k tomu, zda látka je či není probírána, uvedla ČŠI v analýze příslušných úloh TIMSS, již pravidelně provádí.

Ve druhé fázi byly s cílem lépe porozumět souvislostem týkajícím se prekonceptů v říjnu 2018 realizovány rozhovory se 13 žáky 4. ročníku jedné z plzeňských základních škol. Tito žáci nejprve vyplnili test obsahující 11 úloh identifikovaných v první části výzkumu³⁴ a následně odpovídali na otázky výzkumníka zaměřené na to, proč u dané úlohy zvolili tu či onu možnost. Detailní poznatky z těchto

rozhovorů společně s obsáhlejšími rozborem uvedených úloh budou předmětem samostatné publikace. Zde pro ilustraci uvedme příklad jedné z úloh, jež byla zaměřena na plování ledu ve sklenici s vodou³⁵.

Úloha byla zadána následovně: Do sklenice s vodou byl vložen kus ledu. Který obrázek nejlépe vystihuje, kde se led bude nacházet?



Obr. 3 Příklad úlohy z šetření TIMSS pro 4. ročníky

Žáci tedy měli rozhodnout, v jaké poloze bude kostka ledu, když ji vhodí do sklenice s vodou. S plováním těles se žáci v rámci výuky přírodovědy nesetkávají. Tomuto učivu se věnují až ve fyzice na druhém stupni. Žáci zde však mohli vycházet z vlastní zkušenosti, protože se dá předpokládat, že každý již viděl sklenici s ledem. Úspěšnost českých žáků v této úloze v roce 2011 byla 52,2 %, v roce 2007 to bylo u stejné úlohy 46 %. Mezinárodní průměr byl v roce 2011 horší než výsledky českých žáků, když činil 43,6 %.

Rozložení odpovědi českých žáků dle nabízených možností bylo následující:

Odpovědi českých žáků				
Varianta odpovědí	A	B	C	D
Četnost odpovědí (%)	12,8	52,2	5,6	28,6

Je tedy patrné, že jednoznačně nejčastěji zmiňovanou nesprávnou možností byla varianta D, že kostka ledu klesne až na dno sklenice. Může to být způsobeno představou, že kostka

ledu je oproti vodě kompaktní, těžší, a tudíž klesne po vložení do vody až na dno sklenice³⁶.

V případě námi oslovených 13 žáků 4. ročníku základní školy jsme získali následující odpovědi:

Odpovědi žáků 4. ročníků				
Varianta odpovědí	A	B	C	D
Četnost odpovědí (%)	0	69,2	0	30,8

Je patrné, že přes velmi malý počet respondentů je zde základní shoda s výsledky za celou ČR v tom smyslu, že nejčastěji žáci uvedli správnou odpověď, z nesprávných odpovědí však byla zdaleka nejčastěji volena možnost D. V následném rozhovoru žáci uváděli, že vycházeli z vlastní zkušenosti s touto situací. U nesprávné varianty D, kterou uvedli celkem 4 žáci, šlo dle vyjádření z rozhovorů ve dvou případech pouze o tip bez přítomnosti hlubšího fyzikálního zdůvodnění. Jedna z žákyň ale v rozhovoru uvedla: „Je to z vlastní zkušenosti, doma používáme led a ten nám vždycky

³⁴ Uvedení žáci se šetření TIMSS neúčastnili a jednalo se tak o jejich první setkání s danými úlohami.

³⁵ Další úlohy se týkaly například gravitace, vedení tepla či příčiny toho, že vidíme Měsíc.

³⁶ Zde je třeba uvážit, že u většiny látek by to skutečně uvedeným způsobem fungovalo, voda je specifická tím, že její hustota v pevném skupenství je menší než ve skupenství kapalném.

propadne až dolů. A když jich tam budu mít jako hodně, tak budou u hladiny.“ Jiná žákyně uvedla: „*Já jsem si házela led a vždycky zůstal u dna, žádná kostička nikdy nevyplavala.*“ Je otázka, proč žákyně uvedly s odkazem na vlastní zkušenost uvedenou nesprávnou odpověď, která u ledu reálně nemůže nastat ani v případě, že by nešlo o vodu, ale o jiný běžně užívaný nápoj³⁷. Je možné, že došlo k záměně ledu za v současné době populární ledové kameny, jež se užívají k chlazení nápojů. Zde však jde o broušený kámen, jehož hustota je pochopitelně výrazně větší než hustota vody, a tyto kameny tudíž klesají ke dnu. Tato možnost však v rámci rozhovoru nebyla dále rozebírána. Uvedenému prekonceptu by bylo vhodné věnovat pozornost v dalším výzkumu.

4.7 Syntéza dílčích zjištění a stanovení kritických míst

Zásadním úkolem následujícím po provedení dílčích výzkumů a analýz bylo realizovat identifikaci kritických míst a kvalifikovaný odhad jejich příčin. K samotnému stanovení kritických míst posloužily především výsledky dotazování učitelů, rozbor hierarchické struktury témat, jež byla označena učiteli jako kritická v rámci polostrukturovaných rozhovorů (kapitola 4.3), a v neposlední řadě poznatky o problematických úlohách identifikovaných v rámci mezinárodního šetření TIMSS (kapitola 4.4). V rámci kvalifikovaného odhadu příčin kritičnosti hrály roli především analýza prezentovaná v části 4.1 (především poznatky týkající se posloupnosti učiva v ŠVP ve vztahu k hodinové dotaci), relevantní pasáže rozhovorů s učiteli a do jisté míry také poznatky nabyté v rámci testování žáků Českou školní inspekcí (kapitola 4.5) a z výzkumu fyzikálních prekonceptů u žáků na prvním stupni (kapitola 4.6). Vycházeli jsme přitom z následujícího odhadu typologie příčin kritičnosti daných témat diskutovaného ve studii Kohouta et al. (2018)³⁸:

- *Matematická nedostatečnost žáků* – nastává přenos kritického místa z matematiky.
- *Problematická kurikulární návaznost* – buď na jiné učivo z fyziky, nebo na jiný předmět (typicky matematika, ale do úvahy připadá i například chemie³⁹).
- *(Ne)oblíbená místa učitele* – zde je potřeba vzít do úvahy nejméně dvě možnosti: a) učitel dané téma osobně nemá v oblíbě⁴⁰ a proto jej nenaučí žáky dobře, b) učitel naopak dané téma preferuje a nedokáže realisticky odhadnout úroveň znalostí žáků, které jsou schopni dosáhnout. Žáci jsou tak přehlčeni informacemi, v tématu se ztrácejí, což vede u učitele k obzvláště výraznému zklamání, protože nechápe, jak je možné, že žáci u daného tématu tak výrazně selhávají. Obecně je tato příčina dána odbornou a didaktickou nekompetencí učitele.
- *Nedostatečné vybavení škol* – v této souvislosti musíme odlišit nedostatek pomůcek využitelných při pokusech a laboratorních pracích od nedostatku vhodných nemateriálních didaktických prostředků jako jsou například pracovní listy, edukační animace či videa. Dalším relevantním faktorem je pak to, zda uvedené prostředky nejsou k dispozici vůbec, nebo zda jich je dostatek, ale jejich úroveň není odpovídající a mohou například přispívat k posilování miskonceptů u žáků.
- *Náchylnost tématu a jeho klasického zpracování k didaktickému formalismu* – didaktické formalismy jsou chápány ve smyslu tzv. utajeného či naopak odcizeného poznávání (Rusek et al., 2016). U některých témat může docházet k tomu, že jejich zpracování v učebnicích i dalších materiálech nereflektuje aktuální poznatky didaktiky fyziky týkající se konceptuálního porozumění a žáci se tak sice učí informace, ale nerozumí podstatě problému (odcizené poznávání,

³⁷ Snad s výjimkou velmi silného alkoholu (ethanol má hustotu 790 kg/m³, led v něm tudíž jednoznačně klesá na dno), kde se nedá očekávat, že s ním děti ze 4. ročníku ZŠ experimentovaly.

³⁸ Zde je třeba připomenout, že v citované studii se jednalo primárně o odhadovanou typologii toho, proč by učitelé mohli v rámci rozhovorů dané téma označit jako kritické. Při nich se však ukázalo, že prakticky všichni učitelé vnímají kritičnost ve smyslu nedosažení požadované úrovně žáky. Zde tak hledáme pouze příčiny, které mohou mít přímý vliv na to, že žáci nedosahují této úrovně. Na rozdíl od citované studie tak od odhadu typologie nezařazujeme například nedosažení standardů žáky ve srovnávacích šetřeních, protože to nemůže být příčina kritičnosti ve výše uvedeném smyslu (jednalo by se o tautologii).

³⁹ Může se týkat škol, kde je chemie zařazena již v 6. ročníku (jde spíše o výjimečné případy), a jsou v ní probírány vlastnosti látek včetně hustoty.

⁴⁰ V nejhorsím možném případě proto, že jej sám nikdy dobře nezvládl.

metafora „papouška“). Na druhé straně u některých témat může být zvýšené riziko toho, že žáci budou sice realizovat zajímavé a zábavné aktivity, které však nebudou rozvíjet jejich instrumentální zkušenost oboru a zůstane jim tak zcela utajena skutečná fyzika týkající se daného problému (utajené poznávání, metafora „blaženého hlupáka“). Uvedené formalismy přirozeně hrozí u všech témat a jejich úspěšné obejití by mělo být zajištěno didaktickou kompetencí učitele. V některých případech je však riziko jednoho či druhého formalismu podstatně větší, a proto tento bod vydělujeme samostatně.

- *Přílišná abstraktnost nebo složitost, problém s mentální reprezentací obsahu* – např. z toho důvodu, že zařazení tématu v kurikulu neodpovídá vyspělosti žáků.

Na základě detailního rozboru všech dílčích informací a podrobné diskuze v rámci společenství praxe byla následně stanovena tato kritická místa kurikula⁴¹ včetně jejich odhadovaných příčin a souvislostí:

- **Magnetické vlastnosti elektrického proudu a elektromagnet** – odhadovanou příčinou kritičnosti tohoto organizačního konceptu (magnetické vlastnosti proudu) resp. aplikačního konceptu (elektromagnet) je přílišná abstraktnost a s tím související případný problém s mentální reprezentací obsahu u žáků. Rámcová analýza posloupnosti učiva navíc jasně ukázala, že toto téma bývá často v ŠVP zařazováno na úplný konec 6. ročníku, kde je značné množství učiva a přitom cca 40 % základních škol má v tomto ročníku fyziku jen jednu hodinu týdně. S tím může úzce souviset nedosažení očekávané

úrovně žáky z pohledu standardů a mezinárodních srovnání. Ve výsledcích TIMSS byla ČR v posledním testování v roce 2007⁴² u odpovídající úlohy o 15 procentních bodů pod průměrem, což byl nejhorší výsledek ze všech analyzovaných fyzikálních úloh.

- **Magnetické pole a indukční čáry** – odhadovanou příčinou kritičnosti tohoto substantivního (magnetické pole) a úzce souvisejícího organizačního konceptu (indukční čáry) je také abstraktnost ve vztahu k věku, v němž se žáci s tímto tématem obvykle setkávají (2. polovina 6. ročníku). Je zde navíc zvýšená náchylnost k odcizenému poznávání (žáci se naučí kreslit čáry, u nichž nechápou jejich význam) nebo naopak k poznávání utajenému (žáci si spokojeně hrají s magnety a pilinovými obrázky, ale není u nich nijak rozvíjen pojem magnetické pole, nedochází tak k instrumentalizaci zkušenosti⁴³). Projevem kritičnosti tématu je nedosažení očekávané úrovně žáky z pohledu standardů a mezinárodních srovnání. Ve výsledcích TIMSS je ČR u některých úloh týkajících se této problematiky o 10 procentních bodů pod průměrem. Problematické může být i zařazení tématu v tematickém plánu většiny škol, zde nastává podobný problém jako u elektromagnetu.
- **Hustota** – možné příčiny kritičnosti tohoto substantivního konceptu jsou jednak matematická nedostatečnost a problematická kurikulární návaznost na matematiku (je vyžadována schopnost pracovat na dobré úrovni se zlomky, která není v 6. ročníku ZŠ ještě v matematice mnohdy dostatečně rozvinuta⁴⁴) a jednak abstraktnost (ve vztahu k věku) zmiňovaná často učiteli v rámci rozho-
vorů⁴⁵. Dalším aspektem je nedosažení

⁴¹ Připomeňme, že tato místa chápeme jako problémy s koncepty. U nich přitom známe příslušnou hierarchii (viz kapitola 2.1). Díky tomu můžeme kritická místa klasifikovat podle toho, zda odpovídají klíčovému, substantivnímu, organizačnímu či aplikačnímu konceptu. Jinými slovy je můžeme zařadit podle jejich pozice v hierarchii školské fyziky.

⁴² Od roku 2007 se Česká republika účastní mezinárodního srovnání TIMSS již jen v kategorii žáků 4. ročníků. 8. ročníky, kde by zahrnuta i fyzika, již nejsou testovány.

⁴³ V některých případech může dojít k tomu, že žáci zcela zamění pojem magnetické pole za jeho znázornění příslušným obrázkem a říkají, že magnetické pole je právě příslušný obrázek z pilin, což implikuje nesmyslnou úvahu, že když piliny nemáme k dispozici, tak v okolí magnetu žádné pole není.

⁴⁴ Zde je však třeba uvážit, že zlomky jsou využívány i u tématu Souvislost rychlosti, dráhy a času, které je rovněž probíráno ve většině případů v 6. ročníku. Toto téma jako kritické identifikováno nebylo, což naznačuje, že matematická nedostatečnost nebude jedinou příčinou kritičnosti tématu Hustota.

⁴⁵ Abstraktnost zde může být reprezentována i pro žáky těžko představitelnými jednotkami hustoty kilogram na metr krychlový, resp. gram na centimetr krychlový. Je možné, že zásadní příčinou problémů je to, že hustota se žákům neudává v pro ně snáze představitelných kilogramech na litr.

očekávané úrovně žáky z pohledu standardů a mezinárodních srovnání. Ve výsledcích TIMSS u úloh zaměřených na hustotu má ČR sice srovnatelné výsledky s průměrem, ale mnohem horší než některé státy západní Evropy.

- Čočky a zobrazování čočkami – možnou příčinou kritičnosti tohoto aplikačního konceptu uváděnou opakovaně učiteli v rámci rozhovorů je nedostatečné materiální vybavení při pokusech nebo možných laboratorních pracích. Další možnou příčinou kritičnosti je nevhodné zařazení v kurikulu (typicky konec 7. ročníku, kde je obvykle značné množství učiva a dochází k časovým skluzům). Hrozí zde i zvýšené riziko odcizeného poznávání, kdy se žáci naučí kreslit podle pravidel průchod paprsků čočkou, ale nemají vůbec představu, k čemu čočka vlastně je a jak vůbec vzniká obraz⁴⁶. Relevantní souvislostí je zde nedosažení očekávané úrovně žáky z pohledu standardů a mezinárodních srovnání. Ve výsledcích TIMSS má ČR u relevantních úloh týkajících se samotné podstaty optického zobrazování podstatně horší výsledky ve srovnání například s Anglií či Finskem.
- **Hydrostatický tlak a Archimédův zákon** – možné příčiny kritičnosti těchto navazujících organizačních konceptů jsou jednak přílišná abstraktnost a problém s mentální reprezentací obsahu, jednak pak skutečnost, že se jedná velmi často o oblíbené místo učitelů, kteří mohou mít na žáky v této oblasti poměrně značné požadavky a jsou pak zklamáni jejich špatnými výsledky. Je zde navíc přímá

navaznost na předchozí kritické místo Hustota, bez jehož zvládnutí je pochopení této problematiky komplikované. Určitou roli zde pak může hrát i záměna hydrostatického tlaku závislého lineárně na hloubce s tlakem vyvolaným povrchovou silou, který dle Pascalova zákona na hloubce nezávisí. To je možné snadno ilustrovat pomocí grafů, s jejichž správným čtením a interpretací však mají žáci často problém (viz kapitola 4.5).

- **Pascalův zákon a hydraulická zařízení⁴⁷** – možnou příčinou kritičnosti tohoto organizačního konceptu (v případě Pascalova zákona) resp. aplikačního konceptu (v případě hydraulického zařízení) jsou jednak matematická nedostatečnost žáků hrající značnou roli při výpočtech týkajících se například hydraulického lisu apod., jednak poté nedostatečné vybavení pomůckami. Opět zde hrozí výše popsaná záměna tlaku vyvolaného vnější a objemovou silou a roli zde může hrát i zklamání učitelů z toho, že žáci mají s jejich oblíbeným tématem značné problémy.

Uvedená kritická místa dobře odpovídají poznatkům, k nimž dospěli v rámci výzkumného šetření mezi učiteli fyziky na ZŠ pracovníci science center iQLANDIA a Svět techniky Ostrava. Ti na projektové konferenci v říjnu 2017 v Plzni uvedli, že jako nejproblematictější se jeví hustota, Archimédův a Pascalův zákon (viz kapitola 6.1.1). Navzdory tomu je třeba konstatovat, že při identifikaci kritických míst se potýkáme s určitými metodologickými potížemi, jež budou detailně diskutovány v kapitole 9.

⁴⁶ Objektivně se jedná o netriviální problematiku.

⁴⁷ U Pascalova zákona a rovněž Archimédova zákona může kritičnost souviset s tím, že tlak má ve své podstatě tenzorovou povahu, jež samozřejmě není na základní škole zmíněna. Žáci tak mohou mít problémy se směrem působení síly vyvolané tlakem, protože tématu nerozumí do dostatečné hloubky.

5 Analýza pojetí kritických míst v kurikulárních dokumentech a zahraničních učebnicích fyziky

5.1 Kurikulární dokumenty – RVP, ŠVP

Témata odpovídající v předchozí kapitole identifikovaným kritickým místům kurikula byla přinejmenším od dob první republiky tradiční součástí učebních osnov fyziky pro základní školy a rovněž odpovídajících učebnic. Jejich zařazení do jednotlivých ročníků se však v průběhu času významně měnilo. Například problematika magnetických indukčních čar a elektromagnetu byla v období 1948–1954 zařazena do 9. ročníku, v období 1954–1960 do 8. ročníku, v letech 1960–1979 opět do 9. ročníku a po roce 1979 (až do zrušení povinných osnov v 90. letech) do 6. ročníku. Podrobně je vývoj učebních osnov a rovněž učebnic pro ZŠ zmapován v práci Kolářové (2013). Zde se omezíme na podrobnější popis stavu dle osnov z roku 1991 (Lišková et al., 1991), které odrážely situaci v 80. letech a na začátku 90. let⁴⁸. Rozsah výuky fyziky byl v té době typicky 2 hodiny týdně v 6., 7., a 8. ročníku⁴⁹.

V těchto osnovách byla kritická místa Hustota, Magnetické indukční čáry a Elektromagnet zařazena do 6. ročníku. U hustoty, která tvořila samostatnou podkapitolu 1.7 osnov, byl explicitně uveden výpočtový vztah $\rho = m/V$ ⁵⁰, dále byly zmíněny jednotky hustoty a určení hmotnosti stejnorodého tělesa výpočtem (Lišková et al., 1991, s. 8). Byl doporučován demonstrační experiment na vyvození pojmu hustoty pevné stejnorodé látky a v rámci doporučených experimentálních činností žáků bylo zmiňováno určení hustoty pevné látky (tomu byla věnována i jedna z povinných laboratorních prací v 6. ročníku) a orientace v tabulce

hustot látek. Indukční čáry magnetického pole jsou zmiňovány v kapitole 1.3 Magnetické vlastnosti látek společně s magnetizací, magnetickým polem Země a dalšími tématy (Lišková et al. 1991, s. 7). Byl doporučován demonstrační experiment „Znázornění indukčních čar ocelovými pilinami“, laboratorní práce na toto téma naopak zařazena nebyla. Elektromagnet a jeho užití jsou pak explicitně zmiňovány v poměrně obsáhlé kapitole 2.3 Magnetické pole elektrického proudu (Lišková et al., 1991, s. 9), kde je rovněž uvedeno např. magnetické pole cívky s proudem včetně určení magnetických pólů cívky⁵¹. V rámci tématu byly doporučovány jako demonstrační experimenty „Znázornění magnetického pole cívky pomocí pilin z měkké oceli a s využitím zpětného projektoru“ a dále „Činnost elektrického zvonku jako konkrétní aplikace elektromagnetu“⁵². Obsáhlá je i část týkající se doporučených experimentálních činností a dovedností žáků, kde je zmiňováno ověření existence magnetického pole cívky s proudem pomocí magnetky, zmagnetování drátu z tvrdé oceli v magnetickém poli cívky či sestavení jednoduchého elektromagnetu. Přímo laboratorní práce na tuto problematiku však zařazena do osnov nebyla.

Z uvedeného přehledu je patrné, že všem třem kritickým místům byla v osnovách věnována značná pozornost, přičemž hustota byla dokonce tématem jedné ze tří povinných laboratorních prací (dalšími byly měření hmotnosti na rovnoramenných vahách a měření změn teploty tělesa). Z kritických míst nejprve byly probírány Magnetické indukční čáry, poté Hustota a nejpозději Elektromagnet. Za

⁴⁸ Obsahově tyto osnovy vycházely z předchozích z roku 1987, byla zde však již patrná určitá liberalizace školství spočívající v tom, že nebyl stanoven přesný počet hodin vyhrazený fyzice a rovněž posloupnost obsahu učiva v osnovách nebyla pro učitele závazná. Ti navíc mohli doplňovat učivo na základě tzv. volných námětů, jež byly přílohou osnov.

⁴⁹ Nebylo zde ještě zohledněno prodloužení základní školy na 9 let, které bylo realizováno v průběhu 90. let.

⁵⁰ ρ je hustota, m hmotnost a V objem.

⁵¹ Zajímavé je, že úplně stejné téma je následně uvedeno v osnovách pro 8. ročník ZŠ na úvod kapitoly Elektromagnetické jevy. Je zde tak patrné, že autoři osnov zohledňovali (pokud nešlo o nedopatření) spirálové pojetí kurikula. (Dvořák, 2009)

⁵² V obou případech je v osnovách explicitně zmiňována možnost doplnit či nahradit demonstrační pokus pomocí videokazety.

povšimnutí však stojí, že toto téma nebylo v 6. ročníku (na rozdíl od současného stavu) řazeno jako poslední, ještě po něm následovaly kapitoly 2.4 Rozvětvený elektrický obvod, 2.5 Elektrický proud v kapalinách a plynech a 2.6 Základní pravidla bezpečnosti při zacházení s elektrickým zařízením.

Kritická místa Pascalův zákon, Archimédův zákon a Zobrazování čočkami poté byla zařazena do učiva 7. ročníku. Pascalův zákon společně s využitím v hydraulických zařízeních byl zmiňován v kapitole 2.1 Mechanické vlastnosti kapalin (Lišková et al., 1991, s. 11), kde byl rovněž doporučován demonstrační pokus na ověření jeho platnosti. Bylo navrženo i využití videokazety popisující činnost hydraulického lisu. V téže kapitole byl zařazen i Archimédův zákon⁵³, kde jsou uvedeny i vztlaková síla, podmínky potápění, plavání a vznášení tělesa v kapalině. Ověření platnosti Archimédova zákona je doporučováno jako demonstrační experiment a rovněž jako samostatná laboratorní práce žáků, jež je navržena ve dvou variantách (určení objemu pevného tělesa pomocí tohoto zákona nebo měření hustoty hustoměrem). Zobrazování čočkami je poté řešeno v kapitole 3.3 Lom světla, kde jsou zmiňována ohniska spojky a rozptylky a kvalitativní řešení průchodu světleného svazku čočkou (Lišková et al., 1991, s. 12). Zařazena je i problematika lupy a optických vlastností oka. Jedna z povinných laboratorních úloh je věnována právě získání obrazu požadovaných vlastností pomocí spojky, jako doporučená experimentální činnost je pak uvedeno pokusné určení polohy ohniska a ohniskové vzdálenosti spojky a rovněž užití lupy.

Z uvedeného je patrné, že těmto tématům byla věnována poměrně značná pozornost a to včetně povinných laboratorních prací (těch bylo v 7. ročníku celkem pět, vedle Archimédova zákona a zobrazení čočkami šlo ještě o určení průměrné rychlosti, rovnováhu na páce a zobrazení rovinnými zrcadly). Čočky byly zařazeny až na úplný konec 7. ročníku, což odpovídá současnému stavu na řadě škol. Celkově je možné říci, že uvedené osnovy byly co do rozsahu uvedeného učiva, zmíněných

demonstračních experimentů a samostatných činností žáků poměrně obsáhlé.

K zásadní změně v oblasti vzdělávání v ČR došlo v roce 2004 vydáním Rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání (RVP ZV). V něm došlo k podstatnému posunu směrem ke kompetencím a rovněž k tomu, že pro fyziku zařazenou do vzdělávací oblasti Člověk a příroda nebyl stanoven ani minimální hodinový rozsah⁵⁴. Zároveň zde není nařízena posloupnost učiva a všechny výstupy⁵⁵ jsou vázány na konec 9. ročníku. Vedle výstupů je uveden i rámcový přehled učiva vedoucího k jejich naplnění. Navzdory úsilí značné části komunity didaktiků fyziky však k RVP ZV dosud nejsou k dispozici obecně platné standardy, jež by lépe specifikovaly (pomocí konkrétních úloh) dané výstupy. Návrh standardů byl zpracován (Dvořáková et al., 2013), nejedná se však o závazný dokument.

Z kritických míst je ve výstupech explicitně zahrnuta Hustota, a to ve výstupu F9-1-4: „*Žák využívá s porozuměním vztah mezi hustotou, hmotností a objemem při řešení praktických problémů.*“ (RVP, 2017, s. 63). V odpovídajícím přehledu učiva fyziky hustota paradoxně zmíněna není, objevuje se však u učiva chemie (RVP, 2017, s. 67). Archimédův a Pascalův zákon jsou explicitně zmíněny u učiva v celku Mechanické vlastnosti tekutin, kde hrají podstatnou roli u obou tam uvedených výstupů F9-3-1 a F9-3-2. Čočky jsou zmíněny u učiva v oblasti Elektromagnetické a světelné jevy, kde je jednou z položek „*zobrazení lomem tenkou spojkou a rozptylkou (kvalitativně)*“ (RVP, 2017, s. 66), což úzce souvisí s výstupem F9-6-8, kde je zmiňována aplikace zákona lomu právě na čočky. Poněkud komplikovanější je situace u magnetických indukčních čar a elektromagnetu. Indukční čáry explicitně nikde zmiňovány nejsou, v přehledu učiva je pouze uvedeno magnetické pole. Totéž platí i pro elektromagnet a obecněji pro magnetické vlastnosti elektrického proudu. Určitou vazbu těchto témat lze najít pouze směrem k poměrně komplikovaně formulovanému výstupu F9-6-5: „*žák využívá prakticky poznatky o působení magnetického pole na magnet a cívkou*

⁵³ Z hlediska posloupnosti je nejprve zmiňován Pascalův zákon a až poté Archimédův zákon.

⁵⁴ Ten je dán pouze pro celou vzdělávací oblast (22 hodin).

⁵⁵ Ve fyzice je jich formulováno celkem 29 a jsou rozděleny do sedmi skupin (Látky a tělesa, Pohyb těles a síly, Mechanické vlastnosti tekutin, Energie, Zvukové děje, Elektromagnetické a světelné děje a Vesmír).

s proudem a o vlivu změny magnetického pole v okolí cívky na vznik indukovaného napětí v ní“ (RVP, 2017, s. 66). V tomto výstupu je sice explicitně zmíněna problematika elektromagnetické indukce a silového působení magnetického pole na vodič s proudem, není zde však patrný poznatek, že elektrický proud procházející vodičem či cívkou vyvolává kolem sebe magnetické pole, což je pro elektromagnet (a přeneseně i pro magnetické indukční čáry) zásadní. Vzniká tak jistá nesymetrie v tom smyslu, že vliv pole na vodič je zohledněn, ale opačný proces nikoliv.

S ohledem na výše uvedené jsme v návrzích na změny RVP ZV doporučili odstranit uvedenou nesymetrii a zařadit jako jeden z výstupů poznatek, že kolem přímého vodiče s proudem, resp. cívky vzniká magnetické pole znázornitelné magnetickými indukčními čarami (Kohout, 2018, s. 12). Celkově je patrné, že témata hustota, Archimédův a Pascalův zákon i zobrazování čočkami jsou v RVP ZV dostatečně pokryta, zatímco témata magnetické indukční čáry a elektromagnet nikoliv. To je výrazná změna proti výše diskutovaným osnovám z roku 1991, kde byla naopak magnetickému poli elektrického proudu věnována značná pozornost (šlo o samostatnou a poměrně obsáhlou kapitolu v osnovách).

Základní školy byly povinny na základě RVP ZV zpracovat vlastní Školní vzdělávací programy (ŠVP), kde již uvedly podrobněji probírané učivo včetně rozdělení do jednotlivých ročníků a časově posloupnosti. Ačkoliv existují určité obecné zásady pro zpracování ŠVP, jejich pojetí se napříč jednotlivými školami mnohdy liší kvalitou zpracování vzdělávacího obsahu i dalšími parametry (Svobodová et al., 2016). Obsahová analýza ŠVP vybraných škol poté ukázala špatné uchopení z hlediska návazností či nekonzistencí ve vzdělávacím obsahu (Svobodová et al., 2016; Mollerová et al., 2018).

S cílem zjistit zařazení kritických míst do ŠVP základních škol jsme provedli podrobnou analýzu fyzikální části těchto programů u deseti náhodně vybraných základních škol v Plzni, jež zveřejnily uvedený kurikulární dokument na svých webových stránkách. Uvedená analýza má vzhledem k omezenému množství sledovaných škol a jejich umístění v jednom městě⁵⁶ jen limitovanou vypovídající hodnotu, dává však základní informaci o tom, jak základní školy uchopily problematiku kritických míst ve svých kurikulárních dokumentech. Z uvedených škol je ve dvou případech vyučována fyzika v celkovém rozsahu osmi hodin (po dvou hodinách v 6.–9. ročníku), v sedmi případech je jí věnováno sedm hodin (omezení na jednu hodinu je přitom ve čtyřech případech v 6. ročníku, ve dvou případech v 9. ročníku a jednou v 7. ročníku). Jedna škola věnuje fyzice jen šest hodin, a to v rozložení 1+2+1+2.

Bylo zjištěno, že všechny sledované školy zmiňují ve svých ŠVP explicitně téma Hustota a zařazují je vždy do 6. ročníku. Pascalův a Archimédův zákon je rovněž zmiňován u všech škol, přičemž v osmi případech je zařazen do 7. ročníku, zatímco dvě školy tato témata řeší až v 8. ročníku⁵⁷. Rovněž Zobrazování čočkami je řešeno ve všech ŠVP, přičemž v šesti případech je toto téma zařazeno na konec 7. ročníku, ve dvou případech do 8. ročníku a ve dvou až do 9. ročníku. Zajímavější situace nastává u Magnetických vlastností elektrického proudu a elektromagnetu, které jsou zmíněny v ŠVP pouze u šesti z deseti škol⁵⁸. Pouze dvě školy toto téma přitom uvádějí v 6. ročníku, zatímco tři jej zařazují až do 9. ročníku a jedna do 8. ročníku. Do určité míry podobná situace nastává u Magnetických indukčních čar, jež nejsou vůbec zmiňovány u tří z deseti sledovaných škol. V pěti případech jsou poté řazeny do 6. ročníku, v jednom případě do 8. ročníku a rovněž v jednom případě do 9. ročníku.

Uvedený stručný přehled ukazuje, že školy si poměrně často posloupnost učiva upravují

⁵⁶ To má vliv například na užívané učebnice, jež následně ovlivňují posloupnost učiva uvedenou v ŠVP. Jak bylo uvedeno výše, v Plzeňském kraji jsou nejčastěji užívány učebnice od nakladatelství Fraus (Rauner et al.) a nakladatelství Prométheus (Kolářová, Bohuněk), kde je řazení učiva v zásadě podle výše uvedených osnov z roku 1991.

⁵⁷ Jedná se o školy mající rozložení hodin 1 + 2 + 1 + 2 a 1 + 2 + 2 + 2.

⁵⁸ Toto téma není zmíněno typicky u škol, které mají ŠVP v oblasti fyziky spíše minimalistický a opřený silně o výstupy z RVP. To, že dané téma není explicitně uvedeno, nemusí nutně znamenat, že není probíráno, protože může být zahrnuto do jiného celku (např. obvykle se vyskytující Druhy magnetů). Ve všech uvedených školách je magnetismus zařazen do 6. ročníku.

podle svého⁵⁹. Velmi silně patrné je to u Elektromagnetu, který je často zařazen až do tematického celku Elektrodynamika vyučovaného v 9. ročníku, a to přesto, že všechny nejčastěji používané učebnice fyziky (a to včetně těch užívaných danými školami) jej řadí do 6. ročníku, což odpovídá stavu v osnovách z roku 1991. S ohledem na to, že jako jedna z možných příčin kritičnosti u tohoto tématu bylo identifikováno příliš brzké zařazení, je možné, že mnohé školy se s tímto problémem vyrovnaly již v rámci svých ŠVP přeřazením do pozdějšího ročníku. To se týká především škol majících v 6. ročníku pouze jednu hodinu fyziky. Na druhé straně třeba u kritického místa Hustota všechny sledované školy setrvávají u klasického zařazení do 6. ročníku, a to i v případě, že v něm mají k dispozici pouze jednu hodinu týdně a žáci dle ŠVP by v tu chvíli ještě neměli disponovat dostatečným matematickým aparátem.

5.2 Zahraniční učebnice fyziky

Při zkoumání toho, jak lépe vykládat identifikovaná místa, jaké pokusy předvést a vůbec jak pracovat se žáky ve výuce je vhodné poohlédnout se, jak to dělají jinde. Provedli jsme proto rešerši řady zahraničních učebnic⁶⁰, abychom zjistili, jak si jinde počínali s kritickými místy⁶¹. Zabývali jsme se učebnicemi z Velké Británie, Polska, Rakouska, Ruska a Slovenska. Výběr těchto zemí byl podmíněn možností získat příslušné učební texty a jazykovou vybaveností autora této kapitoly, do úvahy jsme však v souladu s principy *evidence-based designu* našeho výzkumu vzali rovněž to, jak byly uvedené země úspěšné v mezinárodních srovnávacích šetřeních, a to zvláště u úloh, jež se týkaly právě stanovených kritických míst⁶². Je třeba uvážit, že vždy srovnáváme pouze dvě vybrané učebnice z dané země⁶³, není tedy možné zcela přesně stanovit

posloupnost jednotlivých témat⁶⁴, ani to, zda je jejich uchopení v rámci dané země jednotné. S ohledem na to, že ke srovnání vybrané učebnice patří v daných zemích k nejrozšířenějším, však získáváme rámcovou představu o této problematice. Věříme, že náš dosti podrobný popis, jak učebnice pracují s kritickými místy, bude učitelům užitečný a využijí například některé postupy, jež se v zahraničí osvědčily.

5.2.1 Velká Británie

K dispozici byla učebnice, či spíše přehled vykládané látky *H. Reynolds et al. Complete Physics for Cambridge secondary 1, Oxford University press*. Tento přehled souborně představuje materiály pro výuku fyziky na nižším druhém stupni vzdělávání pro žáky od 11 let do 14 let. Látka je rozdělena do tří etap (*stages*) odpovídajících žákům ve věku 11–12 let (*stage 7*, s tématy 1. Síly, 2. Energie a 3. Země a dál), 12–13 let (*stage 8*, s tématy 4. Síly, 5. Zvuk, 6. Světlo a 7. Magnetismus) a 13–14 let (*stage 9*, s tématy 8. Síly, 9. Elektřina a 10. Energie). V učebnici najdeme pasáže o hustotě, něco málo o Pascalově a Archimédově zákonu a něco málo o magnetismu. O čočce je uvedeno v podstatě jen to, že se nachází v oku.

Dále srovnáváme učebnice vydané v rámci ambiciózní skotské reformy školství *Curriculum for Excellence* z roku 2008 *A. Lee et al. Physics – S1 to National 4, Leckie & Leckie, Glasgow*. Text je určen pro nižší sekundární vzdělávání (S1, S2, S3 a S4 jsou věkové skupiny 11–12 let, 12–13 let, 13–14 let a 14–15 let, N3 a N4 jsou kontrolované získané kompetence⁶⁵). Skládá se ze třech jednotek (*unit*): 1. Elektřina a energie (s kapitolami: 1. Výroba elektřiny, 2. Elektrický výkon a účinnost, 3. Elektromagnetismus, 4. Elektrické obvody, 5. Baterie a články, 6. Praktická elektřina a bezpečnost, 7. Elektronické obvody a 8. Zákony

⁵⁹ Ve vztahu k tomu, jaká je typická posloupnost uváděná v učebnicích, jež v zásadě vychází z výše popsaných posledních platných osnov.

⁶⁰ Uvedenou problematiku v rámci autorského kolektivu zpracoval doc. RNDr. Jan Slavík, CSc.

⁶¹ Pro srovnání byla provedena i rešerše nejčastěji užívaných českých učebnic fyziky. Ta není uvedena v této monografii, poznatky z ní však byly důležité při diskuzi toho, jak jsou daná témata uchopena v ČR a v zahraničí.

⁶² Například u úlohy týkající se elektromagnetu zadané v roce 2007 byla průměrná úspěšnost ve Velké Británii téměř 56 %, zatímco v ČR to bylo pouhých 22 %. Takto velký rozdíl již naznačuje existenci koncepčních rozdílů v pojetí výuky daného celku mezi oběma zeměmi.

⁶³ Uvedený výběr byl dán především dostupností učebnic.

⁶⁴ K tomu by bylo třeba studovat podrobně kurikulární dokumenty pro dané země, což bylo nad rámec této studie.

⁶⁵ Jde vlastně o souhrn požadavků z hlediska národní kvalifikace, jenž je definován příslušnou autoritou. Žáci k získání příslušné kvalifikace musí splnit přesně stanovené kurzy. Bližší informace jsou uvedeny na <https://www.sqa.org.uk/sqa/48604.html>

plynů a kinetický model – celkem 152 stran), 2. Vlny a záření (9. Charakteristiky vln, 10. Zvuk, 11. Světlo, 12. Elektromagnetické spektrum, 13. Jaderné záření – 100 stran) a 3. Dynamika a Vesmír (14. Rychlost a zrychlení, 15. Síly, pohyb a energie, 16. Satelity, 17. Planeta Země a Sluneční systém a 18. Kosmologie – 106 stran)⁶⁶. O hustotě se něco dovíme v kapitole 8. Zákony plynů a kinetický model, hydrostatický tlak a Archimédův zákon ani Pascalův zákon v učebnici nenajdeme, informace o magnetických kritických místech najdeme v kapitole 3. Elektromagnetismus a čocky v kapitole 11. Světlo.

Nyní projdeme jednotlivá kritická místa a jejich zpracování v obou sledovaných učebnicích.

Hustota

Učebnice Cambridge

S hustotou se zde angličtí žáci setkají až v stage 9 (13–14 let), tj. ve věku odpovídajícím našemu 8. ročníku. Tématu jsou věnovány 2 kapitoly 8.8 Hustota (2 strany) a 8.9 Vysvětlení hustoty (2 strany). První z kapitol začíná tvrzením: „Hustota ti říká, kolik hmotnosti je v určitém objemu.“ Následuje příklad se třemi kostkami stejné velikosti a různými hmotnostmi: „Je to proto, že mají různé hustoty.“ Následuje pokus s určováním objemu (odměrným válcem) a hmotnosti (vahami) kapaliny a pak obdobně pro pevnou látku tvaru kvádra (objem je počítán na základě určení hran). Teprve potom je počítána hustota ze vzorce $\text{hustota} = \text{hmotnost} / \text{objem}$. Následují 4 otázky a na listě jsou uvedeny hodnoty hustoty 8 látek.

V následující kapitole je látka v různých skupenstvích modelována jako systém kuliček. Málo kuliček modeluje plyn, více nepravidelně uspořádaných kuliček kapalinu a více pravidelně uspořádaných kuliček pevnou látku. Dozvídáme se, že kapaliny a pevné látky mají podobné hustoty. Následuje tabulka s 12 hodnotami hustot. A zpochybnující poznámka: „hustota závisí i na hmotnosti kuliček“. Ty mohou mít velice odlišné hmotnosti. Druhá část této kapitoly vysvětluje, proč se některé věci potopí a jiné plavou⁶⁷.

Skotská učebnice

V kapitole 8. Zákony plynů a kinetický model, části Modely hmoty (8 stran) po modelu skupenství pomocí polystyrénových míčků najdeme pasáž věnující se hustotě. Začíná: „Hustota je míra množství hmoty v určitém objemu. Je definována rovnicí $\text{hustota} = \text{hmotnost} / \text{objem}$, tj. $d = m/v$. Jednotky jsou kg/m^3 nebo g/cm^3 .“ Částicový model může vysvětlit hustotu: „Hustší materiál má více částic v daném objemu než méně hustý.“⁶⁸ Následuje výpočet hustoty dřevěného kvádříku. Pak žáci provádějí pokus s plněním nádoby kuličkami, solí a vodou (Aktivita 8.2). V dalším (Aktivita 8.3) poté zkoumají vrstvy nemísících se kapalin ve sklenici. Dozvídáme se ještě, že pevné látky bývají (ne vždy) hustší než kapaliny a že hustota určuje, zda předměty plavou nebo se potápí.

Hydrostatický tlak a Archimédův zákon

Učebnice Cambridge

O hydrostatickém tlaku se velice málo dozvíme v kapitole 8.3 Tlak v kapalinách (2 strany), o Archimédově zákonu (principu) je zmínka v kapitole 1.8 Napětí a vztlak (2 strany) a o plavání v kapitole 8.9 Vysvětlení hustoty (2 strany). Stručně shrneme klíčový obsah těchto kapitol v dané učebnici.

Kapitola 8.3 Tlak v kapalinách: Když plavete, cítíte tlak vody. Je výsledkem sil mezi částicemi kapaliny a povrchem nádoby. Je jiný, než když jsou tělesa jedno na druhém. Působí ve všech směrech. Způsobuje vztlak. Tlak u dna jezera je větší než v poloviční hloubce (tam je poloviční). Musí na to brát ohled potápěči. Měří se manometrem (*pressure gauge*).

Kapitola 1.8: Ropný tanker drží na vodě vztlak. Částice vody se srážejí se dnem tankeru a tlačí ho vzhůru. Když vážíte těleso pod vodou, váží méně. Je snazší se vytáhnout z bazénu, než se vytahovat vzhůru na vzduchu. Kapitola 8.9: Předmět bude plavat na vodě, pokud má hustotu, která je menší než hustota kapaliny. Pemza plave, železodřevo ne. Je snazší plavat ve slané vodě.

⁶⁶ V učebnici není explicitně řečeno, které učivo patří do kterého ročníku.

⁶⁷ Viz komentáře k tématu Archimédův zákon dále.

⁶⁸ Toto tvrzení není obecně pravdivé.

Ve skotské učebnici není toto téma systematicky řešeno, je uvedena pouze stručná zmínka v souvislosti s hustotou (viz výše).

Pascalův zákon

Učebnice Cambridge

V kapitole 8.3 Tlak v kapalinách (2 strany) se dozvídáme, že tlak v kapalinách působí ve všech směrech. Lze to ukázat na igelitovém pytlíku s otvory. V kapitole 8.4 Využití tlaku v kapalinách (2 strany) je poté uvedeno, jak fungují hydraulické stroje. Malá síla na malý píst může vyvolat velkou sílu u velkého pístu a zvednout autíčko. Je proveden číselný výpočet: síla je znásobena z 10 N na 100 N. Hydraulický zvedák funguje jako znásobovač (*multiplier*) síly. Obdobně funguje hydraulická brzda (6 řádek) a hydraulický lis (3 řádky).

Skotská učebnice toto téma neřeší.

Magnetické pole a indukční čáry

Učebnice Cambridge

O magnetickém poli se dozvídáme ve stejnojmenné kapitole 7.2 (2 strany) patřící do *stage* 8 (12–13 let, v zásadě ekvivalent našeho 7. ročníku). Začíná obrázkem ferrokapaliny a připomenutím skutečnosti, že ocelový špendlík je přitahován magnetem. Následuje definice magnetického pole: „*Oblast kolem magnetu, kde magnetické materiály pocítují (experience) sílu, se nazývá magnetické pole.*“ Magnetické pole můžeme zobrazit pomocí pilin (3 příklady). Magnetické pole můžeme též prozkoumat zobrazovacím (*plotting*) kompasem, tj. malým kompasem, jehož stříška pak míří ve směru místního magnetického pole. Můžeme tak zobrazit magnetické siločáry: ty určují směr pole a jejich hustota jeho intenzitu. Dozvídáme se ještě, že Země se chová jako veliký magnet, a jsou naznačeny siločáry jeho magnetického pole. Je rovněž uvedeno, že severní magnetický pól je blízko jižního zeměpisného pólu (a jižní u severního).

Skotská učebnice

S magnetickým polem se setkáme v kapitole 3. Elektromagnetismus v části Magnety a magnetická pole (6 stran). Začíná se hřebíkem přitahovaným magnetem, se závěrem:

„*Oblast kolem magnetu, kde hřebík pocítuje (experiences) sílu se nazývá magnetické pole.*“ Permanentní magnety, které si udržují svůj magnetismus, jsou tyčové a podkovové. Jsou obvykle z železa, kobaltu nebo niklu. Kompas obsahuje permanentní magnet, který míří k severu. Tento konec označujeme jako severní pól. Magnetické pole tyčového magnetu můžeme zkoumat pomocí železných pilin, které se uspořádávají do čar, známých jako magnetické indukční čáry⁶⁹. Pole je nejsilnější u pólů. Je znázorněno několik obrázků magnetů s pilinami, resp. siločárami. Zjišťuje se, kdy se magnety přitahují a odpuzují. V Aktivitě 3.1 se zkoumá síla magnetu (kolik unese a do jaké vzdálenosti působí), v Aktivitě 3.2 žáci odpovídají na otázky týkající se magnetismu. V poznámce se dozvědí, že směr, ke kterému míří severní pól, není totožný se severním zeměpisným pólem.

Magnetické vlastnosti elektrického proudu

Učebnice Cambridge

O magnetických vlastnostech proudu se dozvíme v kapitole 7.3 Elektromagnety (2 strany). Po informaci, že elektromagnety mají tu výhodu oproti magnetům, že se dají zapínat a vypínat, se dozvídáme, že proud ve vodiči vyvolává magnetické pole. Toto pole můžeme prozkoumat zobrazovacími kompasy. Je uveden výsledný obrázek. Kromě přímého vodiče je zobrazeno pole i pro kruhový vodič. Pro více proudových smyček dostáváme solenoid. Pro elektromagnet potřebujeme ještě jádro z magnetického materiálu. Síla elektromagnetu pak závisí na počtu závitů, protékajícím proudem a typu jádra. Závěrem je znovu uvedeno, že elektromagnety lze oproti magnetům zapínat a vypínat, a lze je vyrobit značně silnější než permanentní magnety.

Skotská učebnice

Elektromagnet je popsán v kapitole 3. Elektromagnetismus, v části se stejným jménem (2 strany). Vzniká tak, že se nechá cívka procházet proudem. Uspořádání na obrázku se nazývá solenoid. Magnetické pole solenoidu je podobné poli permanentního magnetu. Výhody elektromagnetu: nemusí být ze železa a lze ho vypínat. Vložíme-li do cívky železné jádro, je pak elektromagnet (tisíckrát) silnější.

⁶⁹ V originále *magnetic field lines*.

Intenzitu pole měníme: počtem závitů a změnou protékajícího proudu. V Aktivitě 3.4 se pracuje s jednoduchým modelem elektromagnetu: železným hřebíkem omotaným drátem připojeným k baterii⁷⁰.

Čočky a zobrazování čočkami

Skotská učebnice

O čočkách se dozvíme v kapitolce 11. Světlo část Čočky a lom světla⁷¹ (6 stran). Nejdříve je zkoumán průchod světla pravoúhlým hranolem: světelný paprsek se láme na prvním rozhraní a pak se láme zpět. V Aktivitě 11.6 je tento poznatek zkoumán experimentálně. Pak se zkoumá průchod trojbokým hranolem. Pomocí obrázku jsou zavedeny konvexní a konkávní čočky. U konkávní se mluví o ohnisku. Průchod světlem čočkami se pak experimentálně zkoumá v Aktivitě 11.7. Následuje výklad využití čoček pro korekci očních vad: krátkozrakosti a dalekozrakosti. V Aktivitě 11.8 se testují získané znalosti.

V učebnici Cambridge není problematika čoček systematictěji řešena.

5.2.2 Polsko

Srovnáváme dvě polské učebnice fyziky pro 7. ročník (v 6. ročníku se ještě fyzika neučívá⁷²). Učebnice byly zakoupeny v rámci prováděného grantu. Jedná se o tyto učebnice:

GRAŻYNA, F. O., KULAWIK, T., & NOWOTNY-RÓŻAŃSKA, M. 2014. *Spotkania z fizyką (Setkání s fyzikou)*. Varšava, Wydawnictwo Nowa Era.

SAGNOWSKA, B., et al. 2018. *Świat fizyki (Svět fyziky)*. Wydawnictwa szkolne a pedagogiczne, Varšava, Polsko.

Než přikročíme k popisu, jak řeší kritická místa tyto učebnice (jde jen o 3 z 6 míst: Magnetické pole a indukční čáry, Magnetické pole elektrického proudu a Čočky tyto učebnice nezařazují, uvedená témata jsou zařazena až do vyššího ročníku), je vhodné uvést, které oblasti tyto učebnice zahrnují. V učebnici

„Setkání s fyzikou“ jsou následující kapitoly: První setkání s fyzikou, Vlastnosti a stavba hmoty, Hydrostatika a aerostatika, Kinematika, Dynamika, Práce, výkon a energie, Termodynamika. V učebnici „Svět fyziky“ jsou pak následující kapitoly: Měříme, Některé fyzikální vlastnosti těles, Molekulová stavba těles, Jak popisujeme pohyb?, Síly v přírodě a Práce, výkon a mechanická energie. Nyní již k vyučovaným kritickým místům: Hustotě, Pascalovu zákonu a Hydrostatickému tlaku a Archimédovu zákonu.

Hustota

Učebnice „Setkání s fyzikou“

Kapitolky Hustota (5 stran) a Určování hustoty (4 strany) jsou zařazeny do oddílu Vlastnosti a stavba hmoty. První z nich začíná porovnáváním stejně velkých kvádrů z různých materiálů vyvažovaných matkami (nebo šrouby). Poté je definována hustota jako $d = m/V$ (d od *density*) a vymezena jednotka: kg/m^3 . Následuje příklad na přepočítávání jednotek hustoty (pro g/cm^3). Tabulka hustot různých látek je v příloze na konci učebnice. V příkladu se počítá hustota neznámého kovu (Výsledek: dural). Jako zajímavost je uvedena střední hustota Slunce a hustota v jeho středu. Následuje shrnutí: „Hustota je fyzikální veličina charakteristická pro dané látky a určuje hmotnost této látky v jednotkovém objemu“, a 8 úloh. V dodatečném příkladu se počítá hmotnost dřevěné desky, jsou-li známy její rozměry.

V kapitolce Určování hustoty je jednak určována hustota kvádrů z různých materiálů, je zahrnuto stanovení hustoty těles nepravidelného tvaru, kde objem tělesa je určen pomocí odměrného válce, a rovněž určování hustot kapalin. Následuje souhrn: „Abychom určili hustotu látky, z níž je tvořeno těleso, je třeba určit jeho hmotnost a objem“, a 5 úloh.

Učebnice „Svět fyziky“

Kapitola Určování hustoty látek (8 stran) je zařazena hned do úvodní kapitoly Měříme. Kromě měření hustoty jsou v kapitole popsána „běžná měření“ délky, teploty, času a hmotnosti. Pak následuje kapitola o měření síly,

⁷⁰ Jde tedy přesně o výše zmiňovanou úlohu zadanou ve srovnávacím šetření TIMSS, v níž čeští žáci (na rozdíl od britských) výrazně neuspěli. To je podstatné pro evidence-based design materiálů.

⁷¹ Zajímavé je, že aplikační koncept Čočky je zde předřazen organizačnímu konceptu Lom světla. Autoři tak pravděpodobně chtějí zdůraznit význam daného fenoménu pro běžnou praxi.

⁷² Je zde zařazena integrovaná přírodověda.

kapitola o hustotě a pak o tlaku. Jako doplněk ke kapitole je popsán postup při vytváření grafů.

Samotná kapitola Měření hustoty látek začíná otázkou: „Co je lehčí?“ a odpovídá, že je třeba porovnávat hmotnosti stejných objemů látek. Následuje tabulka hustot běžných pevných látek. V pokusu se siloměrem se určuje tíha pravidelných kvádrů z různých látek a následně jejich hustota. Uvádí se, že hustota předmětů z téže látky je stejná. Je uveden vzorec $d = m/V$ a jsou určeny jednotky. V dalším pokusu je určována hustota tělesa nepravidelného tvaru (s pomocí odměrného válce). Jsou uvedeny 4 příklady. Poté následují tabulky hustot kapalin a plynů (pro $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a normální atmosférický tlak). Souhrn: „Každá látka má svoji vlastní hustotu. Hustota nám říká, jaká je hmotnost 1 m^3 nebo 1 cm^3 dané látky. Hustotu vyjadřujeme v kg/m^3 nebo g/cm^3 .“ Následuje 8 krátkých úloh a pokusů a rovněž 2 rozsáhlejší experimentální úlohy: měření hustoty vody a oleje a určení vlastní průměrné hustoty (s užitím vany).

Hydrostatický tlak a Archimédův zákon

Učebnice „Setkání s fyzikou“

O hydrostatickém tlaku se mluví v kapitole Hydrostatický tlak a atmosférický tlak (7 stran), o Archimédově zákonu poté v kapitolkách Archimédův zákon (4 strany) a Archimédův zákon a plavání těles (4 strany). Za kapitolkou Hydrostatický tlak a atmosférický tlak je přitom vložena kapitolka Pascalův zákon (4 strany) a mezi kapitolky týkající se Archimédova zákona je zařazena jednostránková historická vložka o Archimédovi. Všechny uvedené kapitolky spadají do oddílu Hydrostatika a aerostatika.

Kapitolka Hydrostatický tlak a atmosférický tlak začíná pokusem s lahví z umělé hmoty s otvory ve stěně, z nichž stříká voda. Pozorování je vysvětleno jako důsledek tíže vody vyvolávající tlak. Dodává se, že tento tlak je ve všech směrech stejný. Souhrn: „Hydrostatický tlak je tlak v daném místě kapaliny. Hydrostatický tlak závisí na výšce sloupce vody nad tímto místem.“ Teprve potom je odvozen vztah pro hydrostatický tlak $p = d \cdot g \cdot h$. Poté je diskutován hydrostatický paradox a popsáno, jak

Pascal ničil sudy. Druhá část kapitolky se detailně věnuje aerostatickému tlaku (to je rozdíl proti českým učebnicím). Je způsoben tíhou atmosféry a závisí na nadmořské výšce. Lze ho měřit Torricelliho barometrem. Jsou uvedeny jednotka 1 atm , 1 mm Hg a 1 Pa (a jejich násobky). Závěrem je uveden klasický pokus s obrácenou sklenicí vody, z níž nevytéká voda. Následuje souhrn a 6 úloh na výpočty tlaků.

Kapitolka Archimédův zákon začíná zkušeností se zdviháním kamene z vody. Působí tam vztlak. Je vysvětlen jako důsledek rozdílů tlakových sil působících na dolní a horní podstavu tělesa tvaru kvádra. Výsledek je ilustrován pokusem. Následující pokus s ponořováním tenkého sáčku s vodou ukazuje, že pro ni se tíha a vztlak vyrovnají⁷³. Závislost na hustotě kapaliny je ilustrována vajíčkem v obyčejné a slané vodě. Poté je odvozen vztah $F = d \cdot V \cdot g$. Archimédův zákon je následně aplikován na plyny, kde příkladem je balónek naplněný heliem. V závěru je uveden Archimédův zákon: „Na každé těleso ponořené do kapaliny nebo plynu působí vztlaková síla číselně rovná hodnotě tíhy tímto tělesem vytlačené kapaliny nebo tímto tělesem vytlačeného plynu.“. Je zajímavý důraz kladený na Archimédův zákon pro plyny, který v českých učebnicích není obvykle výrazněji řešen či je chápán jako volitelná nadstavba. Následují 3 úlohy.

Kapitolka Archimédův zákon a plavání těles začíná porovnáním tíže tělesa a na něj působícího vztlaku a dochází k závěru, že o tom, zda těleso bude plavat, rozhoduje, zda jeho hustota d_t je větší nebo menší než hustota kapaliny d_k . Následně je vysvětleno, proč se loď ze železa nepotopí. Výsledek je ilustrován příkladem plastelíny s hustotou větší než voda, z níž je vytvořena mistička. Následuje souhrn podmínek pro plavání a 3 úlohy.

Učebnice „Svět fyziky“

Problematice hydrostatiky se věnuje část kapitoly Pascalův zákon a hydrostatický tlak (hydrostatickému tlaku je věnováno něco přes 2 stránky), Archimédův zákon se pak objeví v následující kapitole Vztlaková síla (9 stran). Hydrostatický tlak je vysvětlen jako důsledek vnějších sil tíhy jednotlivých vrstev kapaliny nebo plynu. Je odvozen vztah $p = d \cdot h \cdot g$. Závěr

⁷³ Tento experiment obvykle není v českých učebnicích zahrnut.

zní: „*Tlak v kapalině v hloubce h , způsobený působením tíhové síly, zvaný hydrostatický tlak, je dán vzorcem $p = d \cdot h \cdot g$.*“ Následuje 9 úloh – většina se týká hydrostatického a atmosférického tlaku (dvě poté Pascalova zákona).

Výklad vztakové síly začíná problémem, proč lodě postavené zejména z kovů plavou. Následuje experiment s měřením vztakové síly na sáček s obarvenou vodou (ta je prakticky stejná jako tíha vody). Následně je totéž provedeno s hliníkovou kostkou a je demonstrováno, že vztak odpovídá v rámci přesnosti měření tíze vytlačené vody. Pak je formulován Archimédův zákon: „*Na každé těleso ponořené do kapaliny působí směrem vzhůru vztaková síla o velikosti rovné tíze kapaliny vytlačené tímto tělesem: $F = d \cdot g \cdot V$.*“ Je poznamenáno, že zákon platí i pro plyny, tato problematika však není akcentována tak výrazně jako v druhé sledované polské učebnici. Zákon je pak použit k diskusi podmínek plavání těles. Příkladem je výpočet hustoty dřeva, z něhož je postaven vor, je-li dřevo ponořeno ze 3/5 objemu. Následuje odpověď na úvodní otázku, proč se kovové lodi nepotopí. Vysvětlení je rozšířeno i na ponorky (zásobníky s vodou). V souhrnu jsou pak zopakovány výsledky a následuje 8 příkladů (poslední se týká ledovce v moři). Ke kapitolce je rovněž přiložen seznam návodů na 5 experimentů: vliv hustoty na vztak, Archimédův zákon pro plyny, podmínky plavání těles, model ponořování ponorky a potvrzení principu akce a reakce při ponořování⁷⁴.

Pascalův zákon

Učebnice „*Setkání s fyzikou*“ Kapitola Pascalův zákon (4 strany) se věnuje přenosu tlaku v kapalinách a plynech. Začíná pokusem s injekční stříkačkou, kterou je vtačována voda do ping-pongového míčku. Výsledek je formulován následovně: „*Tlak působící zevně na kapalinu nebo plyn způsobuje stejně velký vzrůst tlaku v celém objemu kapaliny nebo plynu.*“ Uvedený poznatek je aplikován

na vysvětlení funkce hydraulické brzdy. Je formulován vztah $F_2/F_1 = S_2/S_1$ pro síly a plochy, na nichž síly působí. Následuje 7 úloh (kdy platí Pascalův zákon, výpočet sil v hydraulickém zařízení, hydraulická váha aj.).

Učebnice „Svět fyziky“

Kapitolka Pascalův zákon a hydrostatický tlak⁷⁵ (celkem 6 stran) začíná připomenutím informací o tlaku plynu v nádobě, uvedeném v učebnici již dříve v podkapitole Plyn v uzavřené nádobě a pokusem se zvýšením tlaku stisknutím pístu v injekci. Následuje stejně jako u předchozí učebnice pokus s injekční stříkačkou vstříkující vodu do ping-pongového míčku⁷⁶ a formulace Pascalova zákona: „*Jestliže na v nádobě uzavřenou kapalinu nebo v ní uzavřený plyn působíme silou, pak vytvořený dodatečný tlak je stejný v celém objemu kapaliny nebo plynu.*“ Zákon je využit na vysvětlení činnosti hydraulického zvedáku. Užívá se vztahu $F = p \cdot S$. Dalším příkladem je hydraulický lis. Dále je umístěn souhrn a 9 úloh (z toho pouze 2 na Pascalův zákon – zbývající se týkají hydrostatického nebo atmosférického tlaku).

5.2.3 Rakousko

K dispozici byly učebnice:

- APOLIN, M. 2017. *Big bang 2 – Physik*. Österreichisches Bundesverlag Schulbuch GmbH, Wien
- REITINGER, J., FISCHER, B., & NOVAK, Peter. 2009. *Impuls Physik 2*. Österreichisches Bundesverlag Schulbuch GmbH, Wien.

Obě učebnice jsou určeny pro žáky ve věku 11–12 let. Nalezneme v nich témata týkající se kritických míst: hustota, hydrostatický tlak a Archimédův zákon a Pascalův zákon. K dispozici byly i třetí díly uvedených učebnic, které ale neobsahují žádný materiál týkající se zkoumaných kritických míst. Až ve 4. dílu druhé učebnice se vyskytují materiály týkající se zbývajících kritických míst, ještě na ně odkážeme⁷⁷.

⁷⁴ Tento experiment je v ČR obvykle realizován až na SŠ, kde je tomuto tématu věnována jedna z laboratorních úloh uvedených v příslušné gymnaziální učebnici mechaniky.

⁷⁵ Propojení Pascalova zákona a hydrostatického tlaku v jedné kapitole je z pohledu českých učebnic netradiční. Jde však o inspirativní přístup, protože častou miskoncepcí je právě nerozlišení tlaku vyvolaného povrchovými a objemovými silami. Zpracování v jedné stati dává šanci lépe zdůraznit rozdíly mezi oběma uvedenými případy.

⁷⁶ V českých učebnicích tento experiment nebývá uváděn.

⁷⁷ Je tedy patrné, že stejně jako v Polsku i v Rakousku je problematika magnetického pole, elektromagnetu a zobrazování čočkami zařazena až do vyšších ročníků.

První učebnice (*Big bang*) má 128 stran a věnuje se následujícím tématům: 1. Vše v tvém životě souvisí s fyzikou, 2. Tělesa v pohybu, 3. Hmotnost a hustota, 4. Tři Newtonovy zákony, 5. Příklady sil, 6. Energie a výkon, 7. Těžiště a stabilita, 8. Jednoduché stroje, 9. Stavební kameny našeho světa, 10. Tepelná energie a teplota, 11. Tlak vzduchu, 12. Tlak v kapalinách, 13. Zvuk, mluva, sluch, 14. Balóny, letadla a rakety. Našich kritických míst se týkají především témata 3., 11. a 12. Druhá učebnice (*Impuls Physik*) obsahuje 112 stran a věnuje se podobným tématům: 1. Fyzika je všude, 2. Tělesa v pohybu, 3. Síly – neviditelné a působící, 4. Hmotnost a setrvačnost, 5. Stroje a nástroje, 6. Stavba našeho světa, 7. Teplo nebo zima – teplota, 8. Fyzika a hudba, 9. Plavání a potápění, 10. Letadla, ptáci a bumerangy. Kritických míst se týkají především témata 6. a 9.

Hustota

Učebnice *Big bang*

O hustotě se dozvídáme v kapitole 3.2 Od obřích zlatých prutů k černým děrám (2,5 strany). „Větší tělesa mívají větší hmotnost než menší. Ale zlatý prut má mnohem větší hmotnost než obrovský vzdušný balón.“ Tak zní úvod. Dále se dozvídáme, že černé díry mají největší hmotnost ve Vesmíru⁷⁸. Následně je určována hmotnost styroporu (polotovar pro polystyren) a je položena otázka, proč se ledovec neponoří. Následně je zaměřena pozornost na plyny, je řešena otázka, proč balonek nafouknutý vzduchem klesá, kdežto nafouknutý heliem stoupá. Diskutována je i otázka, proč se v Mrtvém moři dobře plave, a je zjišťováno, jakou hmotnost má vzduch v učebně fyziky. Po této přípravě se porovnávají hmotnosti stejného objemu různých látek. Závěr: „Hustota udává hmotnost materiálu při určitém objemu.“ Je uveden vzorec $\rho = m/V$. Následují tabulky hustot kapalin, plynů a pevných látek (uvedena je i hustota člověka). Hustota je poté využita pro vysvětlení plavání těles, zvláště lodí. Dodatek se týká černých děr: Nejsou to díry, vznikají zhroucením velikých hvězd. Zachycují i světlo – odtud jméno. U Země k tomu nedojde. Kdyby to šlo, měla

by teoreticky hustotu 1 000 000 000 000 000 000 000 000 000 kg/m³. Jsou to „objekty ve Vesmíru s největší hustotou⁷⁹.“

Učebnice *Impuls*

Hustotě je v této učebnici věnováno minimum místa. V části 6. Stavba našeho světa se v 1. odstavci Co se rozumí hustotou? dozvíme, že pro porovnání dvou látek nestačí hmotnost, musíme též brát v úvahu objem. „Hustota látky udává, jakou hmotnost v kg těleso má, když jeho objem je přesně 1 dm³.“ Je uveden příklad vody a železa. V části 9. je pak kapitola Hustota a vztlak zabývající se plaváním těles – viz níže.

Hydrostatický tlak a Archimédův zákon

Učebnice *Big bang*

O tlaku se dozvídáme v úvodní části oddílu 11. Tlak vzduchu. Zmínka je ovšem jen o atmosférickém tlaku jako o působení sloupce vzduchu na 1 m² povrchu Země. S hydrostatickým tlakem se pak setkáváme v části 12. (7 stran) Začíná se výtryskem vody z plastické lahve s otvory v různé výšce. Následuje připomenutí, že hráz přehrady je v dolní části silnější, a zkoumání hladiny v kropicích konvi. Tlaková síla vody je pak přirovnána k tlakové síle knih nebo vzduchového sloupce. Závěr: „Tlak vody závisí na její hloubce. Na každých 10 m vzroste o 1 bar.“ Tlak vody závisí na hloubce, a ne na jejím množství (obrázek 4 nádob různého tvaru a obrázek Pascalova ničení sudů⁸⁰). Ještě jsou popsány spojené nádoby.

V oddíle 12.2 Aha-událost v koupací vaně se dozvíme, že Archimédes vymyslel, jak prozkoumat, zda je zlatá koruna ve vaně pravá. (Nehistorické detaily jsou uvedeny v boxu.) Pak vkládáme do vody míč z plastu a cítíme sílu, která jej vrací na povrch. Odkud se bere? S pomocí vah pak změříme vztlak. Ten je vysvětlen jako přímý důsledek všesměrového působení hydrostatického tlaku (uveden obrázek). Závěr: „Ponořené předměty se zdají lehčí. Vztlaková síla odpovídá tíze vytlačené vody.“ V dalším boxu je zkoumán vzdušný měchýř umožňující rybám plavat. Výsledek je pak použit pro popis plavání člověka (jako

⁷⁸ Ne vždy tomu tak je.

⁷⁹ Opět tomu tak nemusí vždy být.

⁸⁰ Bylo řešeno již v polských učebnicích, v českých naopak obvykle uváděno není.

měchýř fungují plíce). V dalším boxu je poté popsán i v Čechách hojně užívaný experiment s karteziánkem (potápěčem).

Učebnice Impuls

O hydrostatickém tlaku se něco dozvíme v části 9. kapitoly Tlak a síla (4 strany). Je definován tlak jako podíl síly a plochy, na níž síla působí. $Tlak (p) = Síla(F)/Plocha(A)$. Jsou zavedeny jednotky Pascal (Pa) a bar. Dále se dozvíme, že při ponořování v bazénu působí na náš ušní bubínek tím větší tlak, čím jsme hlouběji. Závěr: „*Tlak ve vodě je důsledkem tíhové síly kapaliny. Působí nejen směrem dolů, ale ve všech směrech, také směrem vzhůru. Tlak ve vodě nazýváme také hydrostatický tlak. Čím více se ponoříme, tím větší je tlak.*“ Dále se zkoumá síla potřebná pro udržení kamene ve vodě tak, aby neklesl na dno. Závěr: „*Je-li těleso zcela ponořeno do vody, působí tlak zespoda jako vztlak.*“ Následují 2 strany kontrolních otázek.

V kapitole Hustota a vztlak (4 strany) v části 9. se pak krátce pojednává o plavání těles. Závěr: „*Když se těleso potápí, je jeho tíhová síla větší než vztlak. Při vznášení jsou stejně velké. Je-li vztlak větší, těleso plave. A: O tom, zda těleso plave, rozhoduje hustota.*“ Konečně se krátce pojednává o tom, proč plavou lodě ze železa: „*Dokud je loď lehčí než vytlačená voda, plave.*“ V přiloze je vylíčen známý příběh o Archimédovi a koruně. Následuje informace o tom, že i plyn má tíhu – a odpovídající tlak, resp. s ním související vztlak. Následuje 1,5 strany kontrolních otázek.

Pascalův zákon

Učebnice Big bang

V již zmíněném oddíle 12.2 Aha-událost v koupací vaně najdeme větu: „*Protože se molekuly vody volně pohybují, šíří se tlak ve všech směrech, tedy nejen dolů, ale i do strany a dokonce nahoru.*“ Zesilování sil podle Pascalova zákona je poté popsáno v kapitole 12.3 Auto v podobě kostky. Začíná se tvrzením, že „*Šíření tlaku vody, resp. obecně kapaliny, je pro nás v každodenním životě velmi důležité pro mnoho aplikací.*“ Jako příklad je uvedeno sešrotování automobilu do tvaru kostky. Je naznačeno

sešrotování modelu bagru, využívajícího injekční stříkačky jako posuvného zařízení. Rovněž je vysvětleno, jak se využívá přenos tlaku (využití u brzdy). V boxu se dozvíme, že při přenosu síly může dojít k jejímu zvětšení. Je-li plocha, na níž působí tlak, větší, zvětší se v odpovídajícím poměru síla. Je uveden jednoduchý číselný příklad. Vzorec pro Pascalův zákon není uveden.

Učebnice Impuls

O šíření tlaku v kapalině jsou v kapitole Tlak a síla uvedeny 2 věty: „*V pevných látkách se tlak šíří ve směru síly. V kapalinách se tlak šíří ve všech směrech se stejnou intenzitou.*“ Pascalovu zákonu o „zesílení“ síly je věnována pozornost v odstavci Síla se zesílí v kapitole Tlak a síla v části 9. Je uvedeno, že šrotovací lis a lžíce bagru využívají hydrauliku. Na menší plochu se působí a u větší plochy získáme větší sílu. „*Stlačovací válec je větší než tlačící, proto je také síla na stlačovací válec větší.*“ Při desetinásobku plochy bude síla desetinásobná, ale stlačovat musíme na desetkrát delší dráze⁸¹.

K dispozici byly i díly 3 obou učebnic a díl 4 učebnice Impuls. V dílech 3 nebyl takřka žádný materiál týkající se našich kritických míst. V dílu 4 učebnice Impuls byl materiál týkající se magnetického pole a čoček. Může být zajímavé podívat se, jak jsou tam tato témata zpracována. Učebnice je ovšem určena až pro starší žáky ve věku 13–14 let (ekvivalent 8. ročníku v ČR).

Magnetické pole a indukční čáry a Magnetické vlastnosti elektrického proudu

Učebnice Impuls

Magnetismu je věnována kapitola Magnetismus podle potřeby (4 stránky) v části Elektromagnety a motory. Je uvedeno, že magnety přitahují určité látky (feromagnetické). Mají dva póly. Místa se stejnými póly se odpuzují a s opačnými přitahují. Magnety se stálým magnetickým polem nazýváme permanentní. Dále je uvedeno, že magnet lze vytvořit i jinak: V okolí vodiče, jímž prochází elektrický proud, se vytváří magnetické pole. Toto pole lze komprimovat stočením vodiče do cívky. „*Cívkou, jíž protéká proud, nazýváme elektromagnet.*“

⁸¹ Tato informace je důležitá z hlediska vykonané práce (je při zanedbání tření stejná) a není v českých učebnicích obvykle zmiňována (snad i z toho důvodu, že práce a energie je na rozdíl od běžné praxe v Rakousku probírána až po Pascalově zákonu).

Změna směru proudu změní orientaci pólů. Text je doprovázen dvěma obrázky s magnetem, resp. elektromagnetem a pilinami znázorňujícími jejich magnetická pole. Následuje historická poznámka o H. Ch. Ørstedovi. „Síla“ elektromagnetu závisí na počtu závitů a velikosti proudu. Následuje odstavec o praktickém využití elektromagnetu (elektrický zvonek) a odstavec o relé. Zbývající 2 stránky jsou věnovány úkolům (např. funkci ampérmetru).

Čočky a zobrazování čočkami

O čočkách se dozvíme v části Optika v přírodě a technice (10 stran) v kapitolkách Soustředěné a rozptýlené (4 strany) a Čočky zvětšují a zmenšují (4 strany). V první kapitolce se začíná zavedením základních pojmů optiky: optická osa, paralelní paprsky, střední bod, ohnisko, ohnisková vzdálenost a paprsky procházející ohniskem. Poté se popisuje pozorování vlastního obrazu v lžici a je diskutován výsledek. Přechází se pak k čočkám. Čočky mohou paprsky soustřeďovat nebo rozptylovat. Při zobrazování se převádí paralelní paprsek na ohniskový a naopak. U spojky se předmět vzdálenější od čočky než je ohnisko zobrazí jako skutečný a převrácený, předmět mezi ohniskem a čočkou jako zdánlivý, přímý a zvětšený. U rozptyleku je vždy obraz zmenšený, přímý a zdánlivý. Jsou ještě vymezeny pojmy konvexní a konkávní. Výklad doprovázejí schématické obrázky.

V druhé kapitolce je popisováno oko jako optické zařízení. Čočka v oku je spojka. Oční svaly mění její tvar a tím i ohniskovou délku. Duhovka reguluje množství dopadajícího světla. Podobně jako oko je konstruován fotoaparát. Čočky umožňují získat ostrý obraz, množství světla reguluje clona a doba expozice při fotografování. Mikroskop a dalekohled také využívají čoček. Mikroskop dává zvětšený převrácený obraz. Dalekohled (ze spojky) dává zvětšený převrácený obraz. Výklad doprovázejí schématické obrázky. Závěrem je uvedena poznámka, že skenovací mikroskop nepoužívá čočky. Skenuje elektronový paprsek.

5.2.4 Rusko

I v tomto případě srovnáváme dvě učebnice pro 7. ročník (i v Rusku probíhá výuka fyziky až od 7. ročníku). Učebnice byly staženy z internetu. Jedná se o učebnice:

GROMOV, S. V., & RODNINA, N. A. 2002. *Fizika*. Prosvěščenije, Moskva

GUREVIČ A. J., & STRAUT, J. K. 2002. *Fizika*. Drofa, Moskva

Podobně jako polské učebnice zahrnují tyto jen tři z šesti kritických míst: Hustotu, Hydrostatický tlak a Archimédův zákon a Pascalův zákon⁸².

Učebnice Gromovova obsahuje následující kapitoly: Úvod, Pohyb a interakce těles, Práce a výkon, Stavba látky a Tlak v pevných tělesech, kapalinách a plynech. Učebnice Gurevičova obsahuje kapitoly: Úvod, Molekulární teorie stavby látek, Plyny a jejich vlastnosti, Kapaliny a jejich vlastnosti, Páry a jejich vlastnosti, Svět krystalů, Vnitřní energie a způsoby jejího měření, Stavba atomu a atomového jádra a Sluneční soustava.

Hustota

Učebnice Gromovova

Téma je popsáno v kapitolkách 9. Hustota (3 strany) a 10. Výpočet hmotnosti a objemu tělesa (2 strany) v rámci kapitoly Pohyb a interakce těles. Kapitola Hustota: Různé látky mají při stejném objemu různou hmotnost. Jako příklad je uvedeno železo a olovo. Veličina, která ukazuje, jakou hmotnost má jednotka objemu, se nazývá hustota. Jako příklad je uvažován led. Je uveden vzorec $\rho = m/V$ a rovněž jednotky (g/cm^3 , kg/m^3 a jejich vztah). Následně jsou uvedeny tabulky hustot pevných látek, kapalin a plynů. Následuje 7 úloh. Uvádí se též výpočet hmotnosti a objemu pomocí objemu. Je uvedena historka o Archimédovi (ve vztahu k určení objemu!) a pro řešení úloh nezbytné vzorce $V = m/\rho$ a $m = V \cdot \rho$. Zahrnut je i úkol na určení hustoty mýdla.

⁸² Zbylá kritická místa jsou tedy vyučována až později.

Učebnice Gurevičova

V této učebnici žádná kapitola týkající se hustoty není. Zmínka je jen v závěrečném krátkém souhrnu fyzikálních veličin, kde je heslo hustota v délce jednoho odstavce: „Hustota je hmotnost tělesa obsažená v jednotkovém objemu. Je určena vzorcem: $\rho = m/V$. Jednotky má g/cm^3 a kg/m^3 . Ze vztahu $\rho = m/V$ vyplývají vztahy $m = \rho \cdot V$ a $V = m/\rho$.“

Hydrostatický tlak a Archimédův zákon

Učebnice Gromovova

Hydrostatický tlak je popsán v kapitole 37. Hydrostatický tlak (3 strany). Doplnující informace se nacházejí v kapitolkách 38. Tlak na dně moří a oceánů (3 strany), 39. Spojené nádoby (4 strany). Následují i kapitoly týkající se atmosférického tlaku: 40. Atmosféra a atmosférický tlak a 41. Měření atmosférického tlaku (Torricelli). Všechny tyto kapitoly jsou obsaženy v rozsáhlém oddíle Tlak v pevných tělesech, kapalinách a plynech. Archimédův zákon je poté popsán v kapitolkách 46. Působení kapalin a plynů na těleso v nich ponořené (3,5 strany), 47. Archimédův zákon (3 strany) a 48. Plavání těles (2 strany). Doplnkové informace jsou obsaženy v kapitolkách 49. Plavání živočichů a člověka a 50. Plavání lodí. Z uvedeného výčtu je patrné, že hydrostatickému tlaku a Archimédovu zákonu je věnována v dané učebnici skutečně značná pozornost.

Kapitola Hydrostatický tlak začíná tvrzením, že kapalina přenáší i tlak, který v kapalině existuje díky její tíži. Na základě vztahů $F = p \cdot S$ a $F = m \cdot g = \rho \cdot S \cdot h \cdot g$ je odvozen vztah pro hydrostatický tlak. Upozorňuje se na fakt, že hydrostatický tlak nezávisí na tvaru nádoby (hydrostatický paradox). Poté je stejně jako v polských a rakouských učebnicích popsáno Pascalovo ničení sudů pomocí připojené dlouhé svislé trubice. Následují 4 úlohy a návod k jednomu pokusu (válec s otvory ve stěně, z něhož vytéká voda). Kapitola Tlak na dně moří upozorňuje na vysoké hodnoty hydrostatického tlaku v mořích, na to, že i ve velkých hloubkách žijí živočiši a že při ponořování do hlubin potřebujeme různá zařízení (potápěčské masky, skafandry, batyskafy aj.).

Kapitola Spojené nádoby popisuje řadu příkladů spojených nádob (např. konvici) a dochází k tvrzení, že: „Ve spojených nádobách se hladiny homogenní kapaliny ustálí na stejné úrovni.“ Následuje popis U-trubice se dvěma různými kapalinami. V tomto případě platí vztah $h_1 \cdot \rho_1 = h_2 \cdot \rho_2$. V příkladu je zadán úkol popsat funkci plavební komory. V kapitole Působení kapalin a plynů na těleso v nich ponořené se vychází z představy míčku se vzduchem ponořeného do kapaliny: Míček vyplave. Působí na něj ze všech stran tlak. Ten je ale díky hydrostatickému tlaku dole větší. Výsledkem je vztlaková síla zvaná též Archimédova⁸³. Jev se projevuje ve všech kapalinách a plynech. Proč ale některá tělesa nevyplavou? Na těleso působí i tíha, a zda se těleso vynoří, závisí na tom, je-li větší nebo menší než vztlak. V závěru kapitoly je 7 úloh.

Kapitola Archimédův zákon začíná pokusem s váhami umožňujícími v připojené nádobce kompenzovat objem vytlačené kapaliny. Závěrem je Archimédův zákon: „Vztlaková síla působící na těleso ponořené do kapaliny je rovna tíze kapaliny tělesem vytěsněné.“ Vztlaková síla nezávisí na materiálu tělesa ponořeného do kapaliny. Její velikost je $F = \rho_k \cdot V_k \cdot g$. Je uvedeno, že vztah platí i pro plyny, a následuje 5 úloh. V kapitole Plavání těles je poté provedena podrobná diskuse plavání v závislosti na hustotě tělesa a kapaliny.

Učebnice Gurevičova

Hydrostatický tlak je popsán v kapitole 11. Tlak kapaliny v hloubce (6,5 strany) a 12. Spojené nádoby (2 strany). Doplnkové informace jsou v kapitole 13. Tlak na dně moří a oceánů. Archimédův zákon je poté diskutován v kapitole 14. Působení kapaliny a plynu na těleso do nich ponořené (7 stran) a 15. Plavání těles (6,5 strany). Vše je obsaženo v kapitole Kapaliny a jejich vlastnosti a i z uvedeného stránkového rozsahu je opět patrný důraz kladený na tuto problematiku v ruských učebnicích.

Hydrostatický tlak je vysvětlován na základě poznatku, že tíha kapaliny vyvolává tlak svrchních vrstev na spodní. Hlouběji v kapalině je proto větší tlak. Výsledek je zkoumán experimentálně (sáček s vodou ponořovaný

⁸³ U míčku kulového tvaru nelze na rozdíl od v dané situaci obvykle uvažovaného kvádrů přímo odvodit bez vyšší matematiky velikost vztlakové síly.

do kapaliny). Následně je odvozen vztah pro hydrostatický tlak $p = \rho \cdot g \cdot H$. Tlak tedy evidentně roste s hloubkou. Je to tlak nejen na dno, ale i na těleso ponořené do kapaliny v dané hloubce, přičemž hydrostatický tlak je stejný ve všech směrech. Následuje další experiment (zkoumání hydrostatického tlaku pomocí ponořování U-trubice). Pokus je prováděn nejen s vodou, což vede k potvrzení skutečnosti, že hydrostatický tlak závisí na hustotě kapaliny. Je popsán též hydrostatický paradox (tlaková síla na dno nádoby nezávisí na jejím tvaru, závisí jen na výšce kapaliny). Opět je popsáno Pascalovo ničení sudů. Kapitolka končí 3 otázkami a 2 úkoly. Další kapitolka Spojené nádoby začíná popisem experimentů s dvěma zkumavkami spojenými gumovou hadicí. Zkoumá se změna polohy hladiny při přemístování jedné ze zkumavek. Dále je popsán vodoměr a zdymadlo.

Kapitolka Působení kapaliny plynu na těleso do nich ponořené začíná pokusem s tělesem zavěšeným na siloměru na vzduchu a pak ponořeným do kapaliny. Závěr: „Kapalina působí na těleso do ní ponořené vztlačovou silou mířící svisle vzhůru.“ Je provedeno vysvětlení na příkladu kvádrů ponořeného do kapaliny (boční síly se vyrovnají, ale síly na dolní a horní podstavu v důsledku rozdílů tlaků nikoli). Krátký výpočet vede ke vztahu $F_{vz} = m_k \cdot g$ a $m_k = \rho_k \cdot V$. Je zdůrazněno, že ve druhém vztahu vystupuje hustota kapaliny, nikoliv tělesa. Odvození je ještě jednou zopakováno. Následuje otázka, zda vztlak působí i v plynech. Pozitivní odpověď je demonstrována na balónku pod zvonek vývěvy. Poté je zformulován Archimédův zákon: „Na těleso ponořené do kapaliny nebo plynu působí svisle vzhůru síla, rovná tíze kapaliny nebo plynu umístěného v objemu ponořené části tělesa.“⁸⁴ Následuje krátká historická zmínka o Archimédovi. Poté jsou diskutovány pokusy prověřující Archimédův zákon (experimenty se siloměrem a tělesem ponořovaným do kapaliny a s dvěma tělesy stejné hmotnosti, ale různé velikosti, ponořovanými na váze do kapaliny). Následuje 6 otázek a jedna experimentální úloha.

V kapitole Plavání těles jsou diskutovány podmínky plavání v závislosti na hustotě tělesa a kapaliny. Následuje pokus (měření vztlačové síly) a zkoumání, které z daných tělísek známé hustoty bude plavat. Následuje informace o tom, jak plavou ryby, ponorky a lodě. Pak jsou zařazeny 3 otázky a 10 úloh. V jejich rámci je rovněž uvedena tabulka hustot různých látek (plynů, kapalin i pevných látek).

Pascalův zákon

Učebnice Gromovova

Tématem se zabývá kapitolka 36. Pascalův zákon (2 stránky) a kapitolka 45. Hydraulický lis (3 stránky). Oboje spadá do kapitoly Tlak v pevných tělesech, kapalinách a plynech⁸⁵. V kapitole Pascalův zákon je srovnáno působení hromádky knih (síla působí jen dolů) a působení vody (a dýmu) tlačené do koule s otvory (síla působí všemi směry). Následně je uveden Pascalův zákon: „Kapaliny a plyny předávají na ně působící tlak ve všech směrech stejně.“ Následuje historická poznámka a vysvětlení, že jev je způsoben velkou pohyblivostí částic tvořících kapalinu, resp. plynu. Následují 4 úlohy a 2 návrhy na experimenty (mačkání kuličky se vzduchem, sáček naplněný vodou s malým otvorem). V kapitole Hydraulický lis je toto zařízení chápáno jako Pascalův stroj na zvětšení síly. Pro funkci lisu je podstatné, že rovnováha v systému nastane jen když je tlak vyvolaný vnější silou všude stejný: $p_1 = p_2$. Odtud pak plyne pro síly $F_2/F_1 = S_2/S_1$ a síla u větší plochy je větší. Je popsán realistický obrázek lisu. Následují 4 úlohy na procvičení (jedna z nich, s uvedeným obrázkem, se týká hydraulické brzdy).

Učebnice Gurevičova

Pascalův zákon je popsán v kapitole 6. Jak plyny přenášejí tlak (2 strany) v oddíle Plyny a jejich vlastnosti a rovněž v kapitole 10. Přenos tlaku kapalinami (4,5 strany) v oddíle Kapaliny a jejich vlastnosti. V kapitole Jak plyny přenášejí tlak je stejně jako v předchozí učebnici porovnáván vliv knih ležících na stole (síla působí dolů) a plynu (síla působí všemi směry). Skutečnost je ilustrována Pascalovou

⁸⁴ N rozdíl od řady jiných učebnic se zde tedy nehovoří o vytlačené kapalině, což může být z hlediska jasnosti formulace výhodou.

⁸⁵ Je zajímavé, že aplikace Pascalova zákona (hydraulická zařízení) jsou zařazeny až o mnoho kapitol dále než tento zákon a mezi ně je včleněna celá obsáhlá problematika hydrostatického tlaku a Archimédova zákona. Autoři zjevně preferují (na rozdíl od českých učebnic) důsledné oddělení teoretické a aplikační části v rámci celého tematického celku Kapaliny.

koulí s otvory, do níž je vtačován dým. Závěr: „Plyny předávají na ně působící tlak do všech směrů beze změny.“ Úlohy na procvičení zde nejsou uvedeny. Kapitola Přenos tlaku kapalinami začíná otázkou: „Platí Pascalův zákon i pro kapaliny?“ Je opět uveden pokus s Pascalovou koulí, tentokrát však s kapalinou. Tento přenos je umožněn volným pohybem částic kapaliny nebo plynu. Je uvedeno, že podobně se chová např. hrášek na hromadě. Zákon je použit pro popis hydraulického lisu. Je vyvozen vztah $F_2 = F_1 \cdot S_2 / S_1$. Následně je připomenuto, že dráha u pístu 2 je menší než dráha u pístu 1 (při $S_2 > S_1$). Je tedy zdůrazněn (na rozdíl od většiny českých učebnic) důležitý princip, že co získáme na síle, ztratíme na dráze. Na závěr následují 2 otázky a 5 úloh na procvičení.

5.2.5 Slovensko

K dispozici byla následující učebnice pro 6. ročník základních škol:

LAPITKOVÁ, V. et al. 2011. *Fyzika pre 6. ročník ZŠ*. Expol pedagogika, Bratislava.

a rovněž pracovní sešity pro 6. a 7. ročník ZŠ:

HÍREŠOVÁ, O. et al. 2016. *Fyzika*. Vydavatelství Raabe, Bratislava.

V první učebnici najdeme dva oddíly: Zkoumání vlastností kapalin, plynů a tuhých látek a těles (59 stran) a Chování těles v kapalinách a plynech (40 stran). Materiály ke kritickým místům hustota a Archimédův zákon (bez uvedení jména autora zákona) se nacházejí v první části, malé zmínky o Pascalově zákonu ve druhé. Hydrostatickým tlakem se učebnice nezaobírá. Nejsou ani obsažena další kritická místa. Pro učebnici je obecně charakteristické minimální užívání matematiky. V případě pracovních sešitů můžeme výklad jen odhadovat, v textu jsou uvedeny souhrny získaných poznatků. V materiálech pro 6. ročník jsou zahrnuta témata (zkráceně): Tělesa, vlastnosti kapalin, využití vlastností kapalin, objem, vlastnosti plynů, porovnání vlastností kapalin a plynů, vlastnosti tuhých látek, hmotnost, délka, objem tuhých těles, porovnání vlastností kapalin, plynů a tuhých těles, vliv hmotnosti na chování těles ve vodě, vliv objemu a tvaru na

totéž, hustota tuhého tělesa, hustota kapalin, vytlačený objem, vliv různé hustoty, vliv teploty na hustotu a hustota plynů. V textu tedy nacházíme kritická místa hustota, hydrostatický tlak a Archimédův zákon (bez hydrostatického tlaku) a Pascalův zákon. Obsah sešitu pro 7. ročník je disjunktní s našimi kritickými tématy. Obsahuje tato témata: Teplota, čas, vypařování, var, tlak vzduchu a var, kondenzace, déšť, tání, tuhnutí, představy o teple, šíření tepla, výměna tepla mezi horkou a studenou vodou, mezi kovy a vodou, jak měříme teplo, výpočet tepla, skupenské přeměny, energetická hodnota potravin, tepelný a parní stroj, spalovací motory. Je tedy patrné, že zbylá kritická místa (elektromagnet, magnetické indukční čáry, zobrazování čočkami) jsou řešena až ve vyšších ročnících.

Hustota

Učebnice Lapitkové

Problematika hustoty je probrána ve třech kapitolkách: 2.3 Hustota tuhých látek (3 strany), 2.4 Hustota kapalin (4 strany) a 2.8 Hustota plynů (3 strany). První z kapitolok začíná problémem, zda se předměty potápějí, jsou-li těžší. Následuje úloha na zjištění hmotnosti a objemu 20 různých těles (s měřením rozměrů, resp. objemu odměrným válcem), potápějících se i nepotápějících se. Následně se kreslí graf závislosti hmotnosti na objemu pro zkoumaná tělesa. Konstatuje se, že „podílem m/V zjišťujeme, jaká hmotnost připadá na 1 m^3 (cm^3) objemu tělesa. $\rho = m/V$. Hmotností 1 m^3 (cm^3) je určená hustota látky tělesa.... Hlavní jednotkou hustoty je kilogram na kubický metr (kg/m^3).“ Určuje se ještě hustota plastelíny a jsou zařazeny 4 doplňující úlohy.

Kapitolka Hustota kapalin začíná pokusem, kdy je do nádoby postupně nalit med, olej a voda. Po chvíli si v nádobě olej a voda vymění místo. Následuje měření hustoty uvedených kapalin. Hustota vody by měla být (přibližně) $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$. Dále se zkoumají hustoty plavajících a potápějících těles. Rovněž se převádí hustoty kapalin z hodnot g/cm^3 na hodnoty v kg/m^3 . Měří se ještě hustota lihu, vyrábí se hustoměr a vysvětlují se slova související s vykládanou tematikou. Kapitola Hustota plynů začíná poznámkou o podobnosti kapalin a plynů. Uvádí se, že: „Teplý vzduch má menší

hustotu než studený.“ Pak se pozorují bublinky vyfukované bublifukem do nádoby. Pokus by měl být zopakován s jiným plynem. Jsou rovněž uvedeny 4 hodnoty hustoty plynů. Na závěr následují 4 úlohy a jedna na význam relevantních slov.

Sešit Hírešové 6. ročník

Kapitolka Hustota tuhého tělesa přináší jednostránkový přehled poznatků o hustotě tuhého tělesa. Je řečeno, že potřebujeme hmotnost (značka m , jednotka kg, měřidlo váhy) a objem (značka V , jednotka m^3 , měřidlo odměrný válec). Objem můžeme též určit výpočtem z rozměrů. Je uvedena hustota (značka ρ , jednotka kg/m^3 , resp. g/cm^3 , měřidlo hustoměr). Hustotu vypočteme vydělením hmotnosti objemem. K tomu je uvedeno, že hustota plavajících těles je menší než hustota vody a potápějících se je naopak větší. Následuje celkem 9 úloh a 9 kontrolních otázek. Kapitola Hustota kapalin vypadá obdobně. Je uvedeno, že hustotu kapaliny vypočteme vydělením hmotnosti objemem, vzorec $\rho = m/V$. Uvedeny jsou jednotky a převodový vztah mezi nimi. Následuje vztah na výpočet hmotnosti kapaliny $m = V \cdot \rho$ a vztah na výpočet objemu kapaliny $V = m/\rho$. Následně je zařazeno 9 úloh a 7 kontrolních otázek.

Hydrostatický tlak a Archimédův zákon

Učebnice Lapitkové

Hydrostatickému tlaku se učebnice nevěnuje. Tlak samotný je chápán jen kvalitativně, není však zaveden jako veličina. Plavání těles je naopak věnováno hned několik kapitol: 2.1 Vliv hmotnosti na chování těles ve vodě (4,5 strany), 2.2 Vliv objemu a tvaru těles na jejich chování ve vodě (4 stránky), 2.5 Objem kapaliny vytlačené tělesy (4 strany) a 2.6 Chování těles v kapalinách s různou hustotou (2,5 strany). První z kapitol začíná pokusem s potápěčem v lahvi (karteziánek), aby se poté pomocí zatěžování potápěče zjišťovalo, kdy plave a kdy se potápí. Pokus je vysvětlen jako důsledek stlačování vzduchové bubliny v potápěči. Následují 3 úlohy. Ve druhé z nich se zkoumá ponor krabic stejné hmotnosti a různého tvaru (menší se ponoří). Výsledek se použije pro člun a prozkoumá na krabici od džusu. Dále se zkoumají různá tělesa stejného objemu (těžší

se potápí více). V kapitole 2.5 se doporučuje „prozkoumat všechny okolnosti, které s daným jevem souvisejí.“ V pokusu se pak zjišťují pro 2 tělesa jejich hmotnosti a hmotnosti jimi vytlačené vody (vyjdou stejně). Je učiněn závěr: „Hmotnost plavajících těles a hmotnost vytlačené vody jsou stejné. Potápějící se tělesa mají větší hmotnost, než je hmotnost vytlačené vody.“ V kapitole 2.6 se výsledek rozšíří na jiné kapaliny s jinou hustotou (pracuje se se slanou vodou a s alpou). Takřka na samém závěru se dozvíme, že: „Podrobnější vysvětlení chování těles v kapalinách a plynech spočívá v Archimédově zákoně, který je složitější a hovoří o působení sil na tělesa ponořená v kapalinách, případně na tělesa nacházející se v plynech. O tom se budete učit později.“ Celá rozsáhlá kapitola je tak zjevně chápána pouze jako propedeutika Archimédova zákona, což je velmi netypický přístup.

Sešit Hírešové 6. ročník

Hydrostatickému tlaku se text nevěnuje. Archimédův zákon je ve skrytu obsažen v kapitolkách Vliv hmotnosti na chování těles ve vodě, Vliv objemu a tvaru těles na jejich chování ve vodě, Objem kapaliny vytlačené tělesy a Chování těles v kapalinách s rozdílnou hustotou. Ve všech případech jde o jednostránkový přehled poznatků doplněný dvěma (v případě vytlačeného objemu třemi) stránkami úloh. V kapitole Vliv hmotnosti se dozvíme, že těleso může v kapalině plavat, potápět se nebo se vznášet. A že „*má-li těleso stálý objem, ale jeho hmotnost se zvětšuje, roste jeho hloubka ponoru.*“⁸⁶ V kapitole Vliv objemu se dozvíme, že to, jak se těleso chová, závisí na jeho hmotnosti, tvaru a velikosti (objemu). A že těleso s danou hmotností a menším objemem se ponoří více. V kapitole Objem vytlačené kapaliny je uvedeno následující: „*Když těleso ponoříme do kapaliny, vytlačí množství kapaliny dané objemem ponořeného tělesa. A: Objem vytlačené kapaliny určíme odměrným válcem.*“ Následuje stručný popis měření objemu vytlačené kapaliny a informace, že 1 l vody má hmotnost cca 1 kg. Následuje závěr: „*Potápějící se tělesa ve vodě mají větší hmotnost než hmotnost vytlačeného objemu vody a plavající menší.*“ Konečně v kapitole o různých hustotách si zopakujeme, jak je to s vodou, dozvíme se, že „*hmotnost vytlačené kapaliny vypočteme*

⁸⁶ Toto přirozeně platí jen do potopení tělesa.

jako $m = V \cdot \rho$." Následuje závěr: „Ve všech kapalinách platí, že hmotnost plavajícího tělesa je stejná jako hmotnost vytlačené kapaliny.“

Pascalův zákon

Učebnice Lapitkové

Pascalův zákon se v učebnici objevuje v podstatě na třech místech: V úvodní kapitole 1.1 Vlastnosti kapalin se při popisu nádoby s pístem a bočními otvory dozvídáme, že ke stříkání otvory dochází proto, že „se zvýší v nádobě tlak a tlak se přenáší v kapalině stejně do všech směrů. Tento poznatek se nazývá Pascalův zákon.“ Pojem tlak zde není vysvětlován. V kapitole 2.2 Využití vlastností kapalin je popsáno využití nestlačitelnosti a způsobu přenosu tlaku v brzdách automobilu: „Když řidič sešlápne brzdový pedál, tlak se přenesou na brzdovou kapalinu až ke kolům automobilu. Tlakem se pohnou brzdové čelisti a ty zastaví kola.“ Konečně v kapitole 1.4 se na dvou řádcích dozvíme, že Pascalův zákon platí i v plynech.

Sešit Hířešové 6. ročník

V kapitole Vlastnosti kapalin je uvedeno: „Tlak se v kapalinách přenáší do všech směrů stejně (Pascalův zákon).“ V kapitole Využití vlastností kapalin se poté dozvídáme, že přenos tlaku v kapalinách se využívá v hydraulických zařízeních (zdvihák, brzda automobilů). V úlohách je třeba vysvětlit princip fungování hydraulického zvedáku a popsat 4 druhy hydraulických zařízení. V kapitole Vlastnosti plynů je poté uvedeno následující: „V plynech platí Pascalův zákon. Jestliže na plyn v uzavřené nádobě zvenku tlačíme, tlak se přenáší ve všech směrech stejně.“ V kapitole o společných vlastnostech kapalin a plynů se již o Pascalově zákonu nemluví.

5.2.6 Celkové shrnutí analýzy učebnic

Souhrnně můžeme konstatovat, že analýza učebnic přinesla zjištění, že zatímco kritická místa hustota, Archimédův zákon a Pascalův zákon jsou v zahraničí obvykle řešeny v ekvivalentu 6. či 7. ročníku základní školy (tj. stejně jako u nás), u zobrazování čočkami, elektromagnetu a magnetických indukčních čar je situace odlišná, protože tato témata jsou zpravidla zařazena až do vyššího ročníku⁸⁷. Z hlediska obsahu lze říci, že v základních rysech je pojetí daných témat zpravidla podobné jako u českých učebnic. Dají se však vyzorovat určité dílčí odlišnosti například v tom, jaké experimenty jsou v daných zahraničních učebnicích uváděny. Příkladem může být například popis Pascalova pokusu s ničením sudů, jemuž je v zahraničních učebnicích věnována značná pozornost, zatímco v textech z ČR není obvykle zmiňován buď vůbec, nebo jen velmi okrajově. Inspirativní je i to, jak si zahraniční autoři poradili s posloupností témat u mechaniky kapalin, kde se do jisté míry prolíná problematika související s Pascalovým a Archimédovým zákonem. Celkově přinesla provedená analýza cenné poznatky směrem k přípravě modulů majících za cíl překlenout kritická místa, jež budou představeny v sedmé kapitole této monografie. Analýza však znovu upozorňuje rovněž na obecnější otázky spojené s tím, zda příčinou kritičnosti některých z námi definovaných míst nemůže být to, že je uvedená problematika řešena předčasně v době, kdy žáci ještě nemají dostatečně rozvinuté abstraktní myšlení. To může vést k diskuzi nad změnami příslušných kurikulárních dokumentů, jíž se budeme věnovat v deváté kapitole.

⁸⁷ Tento poznatek odpovídá stavu v Polsku, Rusku, Rakousku a na Slovensku. Ve Velké Británii je situace poněkud odlišná (viz podkapitola 5.2.1).

6 Přínos science center při řešení kritických a dynamických míst kurikula

V České republice fungují science centra jako vzdělávací instituce věnující se neformálnímu vzdělávání. Mezi dvě hlavní cílové skupiny science center (dále SC) patří rodiny s dětmi do 15 let a žáci prvního a druhého stupně základních škol s tím, že převažují žáci druhého stupně základních škol. V menší míře jsou zastoupeny i děti z mateřských školek.

Neformální výukové aktivity SC pro základní školy se zpravidla zaměřují na přímou podporu výuky přírodovědných předmětů a v posledních letech i na podporu technické výuky. Nepřímá podpora polytechnického vzdělávání (nadřazený pojem přírodovědnému a technickému vzdělávání) probíhá formou spolupráce s pedagogy v rámci akreditovaných i neakreditovaných kurzů dalšího vzdělávání pedagogických pracovníků (DVPP), pořádání událostí s cílem popularizovat přírodní vědy a techniku (např. vědecké festivaly) a přípravy metodických materiálů použitelných nejen ve výuce.

Přímá podpora formální (školní) výuky probíhá formou edukativních aktivit mimo rámec školního vyučování. Ve vztahu ke školskému vzdělávání představují SC silný nástroj pro obohacení běžné formální výuky. Žáci bádají v podnětném neformálním prostředí, experimentují v moderních laboratořích a baví se při vědeckých show. V rámci každého SC funguje programové oddělení, které přebírá zástitu nad vzdělávacími aktivitami. Spolupracuje s akademickou veřejností, učiteli, lokálními stakeholdery a školami s hlavním cílem zajišťovat, tj. vytvářet a realizovat vzdělávací programy různého typu podle potřeb cílových skupin (od MŠ po SŠ) na lokální úrovni. Aby se SC mohla podílet i na národní úrovni, sdružují se v rámci České asociace science center⁸⁸. Druhy vzdělávacích programů v jednotlivých SC záleží na možnostech každého centra. Je však několik základních typů neformálních vzdělávacích programů se stejnými prvky, které tvoří základ programové nabídky pro školy

ve všech science centrech nejen v ČR, ale na celém světě. Tyto společné prvky a podobné možnosti byly jedním z podnětů pro vznik České asociace science center. Pro ilustraci uvedeme bližší informace k tomu, jak jsou neformální vzdělávací programy realizovány v SC iQLANDIA v Liberci.

Programová nabídka tohoto centra stojí na čtyřech hlavních pilířích, tj. na čtyřech základních typech programů – interaktivních didaktických pomůckách v expozicích (dále jen „expozicích“), tematických science show, „Laborkách“ a programech v planetáriu. Základním didaktickým nástrojem SC jsou expozice. Exponáty žáky podněcují k bádání. Díky samostatné manipulaci s exponáty a osobní zkušenosti žáci lépe chápou složitější přírodovědné zákonitosti. Science centra navíc neustále rozšiřují nabídku pracovních listů, které tematicky propojují až 10 interaktivních exponátů a lze je použít buď samostatně, nebo kombinovat s ostatními programy tak, aby výsledné didaktické působení na žáka bylo co nejlepší⁸⁹.

Druhým didaktickým nástrojem jsou „Tematická science show“. Jedná se o frontálně vedený program převážně efektních, demonstračních experimentů se silným motivačním charakterem (tzv. wow efekt). Jsou doplněná o odborný komentář s vysvětlením a žáci se během programů do experimentů zapojují a celé publikum se podílí na vysvětlení jevů (tzv. AHA efekt).

Třetí, velmi silný didaktický nástroj, jsou programy v laboratoři iQLANDIA vedené pod názvem „Laborky“. Využívají principů badatelsky orientovaného vyučování. Jsou zaměřené buď na konkrétní učivo daného předmětu v souladu s RVP ZV, nebo propojují různé přírodovědné předměty pomocí tzv. průřezových témat. Žáci pracují ve skupinkách na samostatných úkolech za podpory pracovních

⁸⁸ Viz www.sciencecenter.cz

⁸⁹ Přirozeně u různých žáků je třeba volit různé metody v závislosti na věku, úrovni fyzikálních znalostí apod. Výběr provádějí na základě svých zkušeností pracovníci SC.

listů. Nevýhodou Laborek je časová náročnost a nízká kapacita.

Čtvrtý nástroj většiny science center tvoří planetárium. Současné technologie planetária umožňují science centrům disponovat 3D modelem známého vesmíru, který je neustále aktualizován na základě aktuálního astronomického výzkumu. Lze tak zařadit před projekce v planetáriu aktuální novinky z astronomie a kosmonautiky. Pořady v planetáriích jsou dvojího typu – naučné projekce ze záznamu a živě komentované pořady využívající model známého vesmíru. Ve fyzikálním kurikulu je tato oblast řešena až v 9. ročníku a v 6. a 7. ročníku se toto téma probírá v zeměpise, proto nebude dále v této monografii popisováno.

6.1 Kritická místa kurikula

6.1.1 Přínos science center při vytipování kritických míst

Jedním ze základních kritérií, podle kterých jsou vybírána témata připravovaných neformálních vzdělávacích programů v SC, je pokrytí poptávky ze stran učitelů, aby nabídka SC vyšla co nejvíce vstříc jejich potřebám. Celá metodika od výběru tématu až po samotné zařazení hotového programu do programové nabídky neformálního vzdělávání v SC je sofistikovaný proces, na jehož začátku vždy stojí průzkum trhu a zjištění poptávky dle aktuální situace ve formálním vzdělávání v České republice. Tento postup je obdobný ve všech SC.

Neformálním dotazníkovým výzkumem mezi učiteli přírodovědných předmětů, kteří navštěvují se svými žáky SC iQLANDIA, a také mezi učiteli fyziky, kteří dochází na setkávání Elixíru do škol⁹⁰, byla zkoumána kritická a dynamická místa kurikula na druhém stupni ZŠ a na nižším stupni SŠ (pro potřeby SC). Témata, která se týkala učiva 6. a 7. ročníku ZŠ, byla následující: Hustota, Mechanika kapalin, vlastnosti látek (hlavně magnetické a elektrické). Objevovalo se i téma zobrazení čočkami, které se často řadí až do učiva osmého ročníku. Tyto výsledky jsou ve shodě s podrobnějším, oficiálním výzkumem ze ZČU, ve kterém se definovalo 6 kritických míst kurikula zmíněných v předchozích

kapitolách. Science centra v projektu řeší hlavně dynamicky se měnící část kurikula, ale mají i velký potenciál přispívat ke snižování míry kritičnosti daných témat.

6.1.2 Kritická místa kurikula v SC

Aktivity směřující k odstranění kritických míst jsou realizovány v science centrech ve všech typech programů. Tento fakt vyvstává i ze skutečnosti, že programy jsou připravovány po zjištění poptávky u samotných učitelů a ti žádají programy na témata, která jsou pro ně kritická. A to nejen dle faktorů zkoumaných v projektu, ale i například z hlediska materiálního vybavení, kterého se na školách v některých případech nedostává. Některá kritická místa (např. magnetické indukční čáry, viz dále) jsou v science centrech řešena pomocí dynamických míst, která mají přímou návaznost na kritická místa fyzikálního kurikula na základní škole (viz kapitola 6.2). Pro zbylá kritická místa bude uvedeno několik vzorových příkladů jejich naplňování v science centrech iQLANDIA v Liberci a Velký svět techniky v Ostravě.

Hydrostatický tlak, Archimédův zákon, Pascalův zákon a hydraulické zařízení

Témata týkající se mechaniky kapalin jsou v SC naplňována v expozicích zaměřených na vodu. Tou disponuje každé science centrum, protože voda patří k základním elementům přírody. Každý exponát má návod, kde je zpravidla popsáno, jak exponát správně obsluhovat – buď formou schématu/obrázku, nebo slovními instrukcemi. Návodů také obsahují úkol, či několik úkolů, které mají žáci na exponátu splnit. Pokud některé návody úkoly nezahrnují, přidávají se do pracovních listů. Ty jsou většinou k dispozici zdarma ke stažení na stránkách SC, aby si mohli učitelé předem vybrat oblast, na kterou chtějí dát během návštěvy SC důraz. Žáci provádějí experimenty na exponátech a jejich výsledky zapíší do pracovních listů.

Čočky a zobrazování čočkami

Geometrická optika, konkrétně zobrazení čočkami, je zastoupeno například v neformálním vzdělávacím programu Laborka „Vidíme a pozorujeme“ v nabídce SC iQLANDIA.

⁹⁰ <https://www.elixirdoskol.cz/>

BUBLINY STOUPAJÍCÍ V KAPALINĚ



Pumpuj vzduch nejprve do válce s čistou vodou, poté do válce se sirupem. V čem je výsledek rozdílný?



Ve válci se sirupem se vytvářejí větší bubliny a stoupají pomaleji než ve válci s vodou.



Voda a sirup jsou kapaliny s různou viskozitou. Viskozita (česky „vazkost“) závisí na vnitřním tření v kapalině, které ovlivňují zejména přitažlivé síly mezi částicemi kapaliny.

Kapalina s vyšší viskozitou teče pomaleji, a proto se v ní pomaleji pohybují i bubliny, které jsou navíc i větší.



POTÁPĚČ



Tlač nohou pedál válce a sleduj, co se děje s potápěčem.



Při určité síle, kterou tlačíš na pedál, začne potápěč klesat ke dnu, po uvolnění pedálu potápěč stoupá ke hladině.



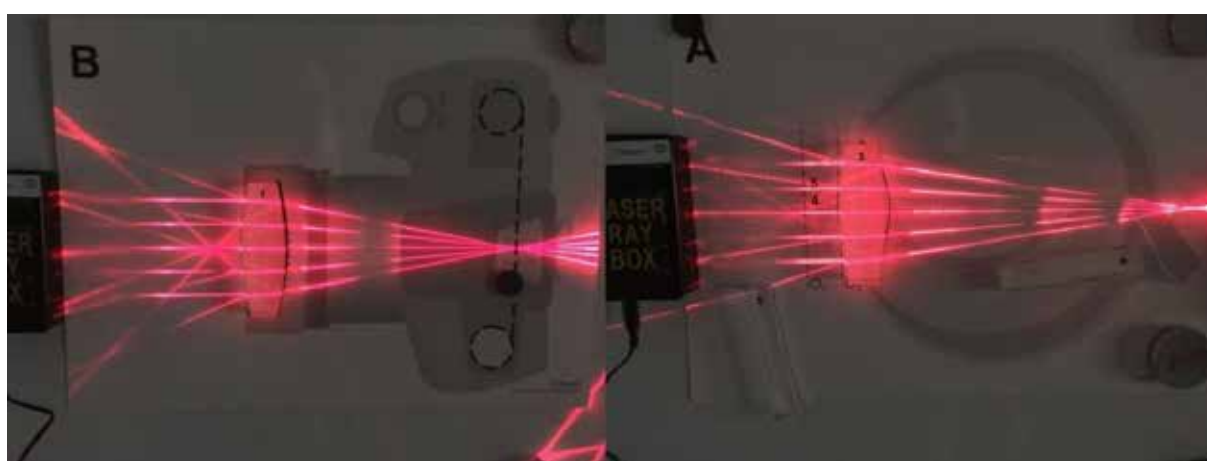
Tlačení na pedál zvyšuje tlak pístu na kapalinu ve válci.

Zvyšující se tlak v kapalině způsobuje stlačení (zmenšení objemu) pružného balónek, který je naplněn vzduchem (vzduch je na rozdíl od kapaliny stlačitelný). Zmenšením objemu balónek se zmenší síla, kterou je balónek podle Archimedova zákona v kapalině nadlehčován, proto potápěč klesá.

Uvolněním pedálu tlak v kapalině ve válci klesne, balónek zvětší svůj objem a tomu úměrně vzroste síla, kterou je nadlehčován. Potápěč začne stoupat k hladině.



Obr. 4 Ukázka popisu interaktivních exponátů s návodem



Obr. 5 Prototyp připravovaného exponátu v SC na zobrazení čočkami

V science centrech mají žáci možnost rovněž kromě neformálních vzdělávacích programů prozkoumat tuto problematiku na interaktivních exponátech. Podle připravených úkolů v návodech či pracovních listech žáci sestavují model fotoaparátu, dalekohledu či zkoumají vady oka a korigují je pomocí vhodných brýlových čoček.

Magnetické pole a indukční čáry

Dalším příkladem, který napomáhá překonat jiné kritické místo kurikula, je exponát „Zmapuj magnetické pole“ ve Velkém světě techniky v Ostravě. Otáčením magnetů vytváří žáci různé konfigurace magnetického pole, které je detekováno soustavou magnetických střepek indikujících jeho změnu.



Obr. 6 Exponát na plnění kritických míst v SC Velký svět techniky

6.2 Dynamická místa

Science centra jsou vhodnou aplikační platformou pro řešení dynamických míst kurikula základní školy (tato místa byla vymezena v kapitole 2.2). K přiblížení a vysvětlení aktuálního vědeckého výzkumu používají science centra výše uvedené nástroje a v ideálním případě je daný jev demonstrován v co nejvyšším počtu programů, aby měli žáci během své návštěvy větší množství podnětů, jak se s daným tématem seznámit. K pochopení komplexnosti současných vědeckých poznatků pomáhají i mezipředmětové vazby a zapojování poznatků z dalších vědních oborů kromě fyziky převážně biologie, chemie a zeměpisu. Díky tomu si žáci osvojují poznatky daleko lépe a snáze se tak ukáže užitečnost těchto jevů v běžném životě.

Obecně panuje v science centrech snaha provázat dynamická místa s kritickými místy kurikula. Žáci se tak opětovně učí o již známém tématu, ale trochu jiným způsobem než během školní výuky. Stejně téma je jim vysvětlováno novým pohledem, a to může pomoci k osvojení poznatků, které nebyly ve škole dobře pochopeny během formálního způsobu vyučování. Neformální vzdělávací instituce tímto způsobem podporuje a doplňuje formální vzdělávání, které probíhá ve školách. Provázanost dynamických míst s kritickými navíc zvyšuje pro pedagogické pracovníky důležitost návštěv SC a motivuje je zapojovat neformální vzdělávání v science centrech i do dalších let, pro více ročníků či dávají pozitivní zpětnou vazbu svým kolegům v oboru a tím rozšiřují a podporují myšlenku science center, které jsou existenčně vázána na návštěvnost žáků základních škol.

Z dynamických míst v oblasti fyziky se v science centrech můžeme setkat například s nanomateriály jako jsou ferrofluid a „chytrý“ drát Flexinol®. Další možnosti atraktivní demonstrace skýtají supravodivé materiály umožňující pohyb bez tření a termografie.

Termografie

Termografie se stala běžně dostupnou metodou pro sledování úniků tepla, zdrojů tepelného záření a sledování různých druhů

šíření tepla. V současnosti je neustále rozvíjen potenciál jejího využití, které nachází například v oblastech ochrany majetku, myslivosti, pátracích a vyhledávacích akcí, stavebnictví (úniky tepla), kontroly elektrických vedení a jejich poškození, detekce podkožních zánětů či detekce závad přístrojů. V science centrech je termografie používána jak v expozicích, kde jako interaktivní exponát umožňuje žákům provádět některé základní pokusy, tak si našla své místo i ve frontálních show a Laborkách, kde je využívána nejen ke zkoumání vlastností infračerveného záření, ale i jako průřezový prvek při programech propojujících fyziku s chemií a biologií.

V expozicích mají žáci možnost se seznámit se stupnicí termokamery, rozložením termogramu i vyzařováním objektů v blízkém okolí a hlavně vlastního těla. Podle připraveného návodu si vyzkouší mechanickou práci (třením rukou) zvýšit teplotu vlastního těla a tuto změnu pozorovat na termogramu. Následně si vyzkouší tepelné otisky a dozví se o jejich využívání některými druhy plazů při lovu. Zde je vidět provázanost s přírodopisem. Rovněž jsou k dispozici ocelové prvky, pomocí kterých je možné zkoušet tepelnou vodivost kovů – po krátkém doteku ruky a kovu je možné na termogramu pozorovat na ruce místo doteku, které má po kontaktu s kovem nižší teplotu.

Frontálně mohou žáci vidět i experimenty, které již vyžadují více pomůcek, které nemohou být volně k dispozici v expozici. Například chladicí sprej, termoizolační fólii, tabuli skla a horkou vodu. S těmito pomůckami si ukazují vlastnosti tepelného záření a jejich využití v běžném životě. Např. infračervené záření neprochází sklem a viditelné světlo ano. Této vlastnosti využívá např. konstrukce skleníku. Kovy odráží infračervené záření lépe než jiné materiály a tohoto jevu využívá izotermická záchranářská fólie. Jiné materiály dokáží zastínit viditelné světlo, ale infračervené paprsky jím procházejí (černý plastický pytel na odpadky). Žáky zaujme i pozorování plamene svíčky na displeji termokamery. Plamen je daleko větší, než když jej pozorujeme lidským okem. Lze pozorovat místa, kde je plamen nejteplejší, a jak ohřátý vzduch nad plamenem stoupá vzhůru.



Obr. 7 Termogramy z experimentů interaktivního exponátu Termokamera z SC iQLANDIA

V laboratoři se termokamera uplatňuje při samostatné práci žáků během pokusů zaměřených na vedení tepla a na zkoumání objektů v blízkém okolí. Toto zkoumání má i silný motivační charakter pro další práci s termokamerou a zároveň žáci během něho zjistí, které objekty jsou zdrojem tepla. Užitečnost termokamery v běžném životě žáci zkoušejí při experimentu zaměřeném na energetickou náročnost domu. Model budovy se zdrojem tepla uvnitř (100W žárovka) má různé druhy oken a zateplení. Pomocí termokamery žáci zkoumají tepelně izolační vlastnosti jednoduchého, dvojitého a vakuového izolačního skla. Vše pak zaznamenávají do pracovních listů. Další experimenty na tepelnou vodivost a obecně šíření tepla lze s termokamerou provádět daleko bezpečněji a názorněji. Termografii lze využít také v návaznosti na kritickou oblast kurikula a využít ji při pozorování tepelných účinků průchodu elektrického proudu vodičem.

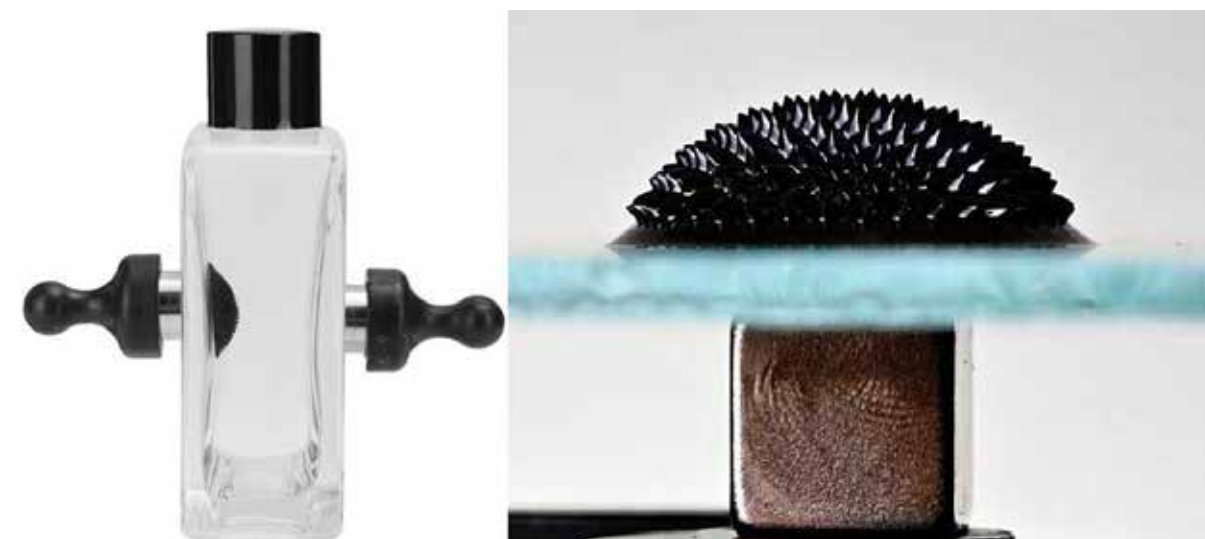
Magnetická kapalina

Mezi zjištěná kritická místa patří i oblast magnetického pole, tj. magnetické indukční čáry, magnetické vlastnosti elektrického proudu a elektromagnet. Další dynamické místo souvisí s těmito kritickými místy kurikula. Jedná se o kapalinu reagující na magnetické pole. S použitím magnetických kapalin byly realizovány nové přístroje a nové technologie, které jsou v mnohém ohledu výhodnou alternativou k dosavadním. Mnohé z těchto aplikací jsou ve vývoji a zatím ještě nejsou významně rozšířeny v praxi. Lze však očekávat, že díky svým pozoruhodným vlastnostem se magnetické kapaliny v budoucnu stanou součástí originálních a nenahraditelných projektů. (Mayer, 2008)

Magnetické kapaliny jsou suspenze velmi jemných feromagnetických nebo ferimagnetických částic v nosné kapalině. Tyto částice mají přibližně kulový tvar a průměr řádově



Obr. 8 Exponát Magnetická kapalina ve Velkém světě techniky



Obr. 9 Ukázka využití magnetické kapaliny při pokusech ve školních podmínkách

v nanometrech, zpravidla 3 nm až 15 nm. Ferromagnetická kapalina reaguje na změny v magnetickém poli a je tak možné s ní tímto způsobem manipulovat. Původně byla ferromagnetická kapalina vytvořena v NASA v 60. letech 20. století, kde byla využívána pro kontrolu a řízení toku tekutého paliva raket v beztlákovém stavu. (Mayer, 2008)

Reakci na měnící se magnetické pole lze zkoumat na exponátu SC Velký svět techniky v Ostravě. Prodloužené jádro elektromagnetu je umístěno ve vaničce s magnetickou kapalinou. Potenciometrem lze měnit velikost proudu v obvodu s elektromagnetem a pomocí magnetické kapaliny lze pozorovat, jak magnetická

kapalina reaguje na měnící se magnetické pole kolem zajímavě tvarovaného prodloužení jádra elektromagnetu. Žáci během práce s exponátem propojují poznatky kritických míst jmenovaných výše s dynamickými místy. Práci s magnetickou kapalinou lze za drobných úprav realizovat i v podmínkách ve školní laboratoři. Ferrokapalina se umístí do větší zkumavky s vodou (nefunguje to s každým ferrofluidem). Přiložením neodymového magnetu ke stěně zkumavky se vytvoří ferrofluidový ježek, který znázorňuje směr magnetických indukčních čar použitého magnetu. Žáci zkouší pohybovat s ferrokapalinou pomocí vnějšího magnetického pole.

Pohyb bez tření – levitace vysokoteplotního supravodiče

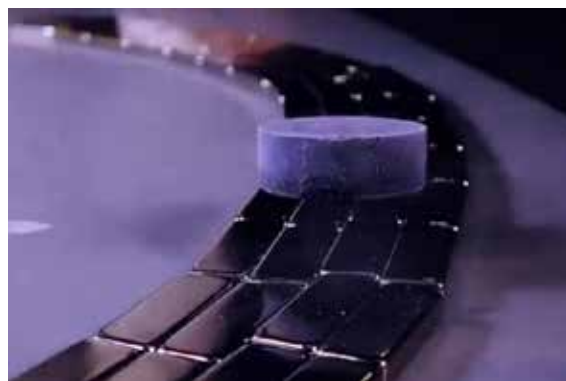
Mezi další dynamické oblasti patří bez pochyby supravodivost a její aplikace. Jevy, které vedou k supravodivosti a levitaci vysokoteplotního supravodiče, jsou daleko za úrovní chápání žáků ZŠ. V praxi se v SC iQLANDIA osvědčila vhodná didaktická transformace, pomocí které žáci pochopí základní princip levitace, a to díky souvislosti mezi elektrickým odporem materiálu a jeho teplotou. Během frontální show zaměřené na elektřinu je měď chlazená kapalným dusíkem na teplotu kolem $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$. Za této teploty demonstrujeme její menší elektrický odpor, který se projevuje silnějšími magnetickými účinky elektrického proudu. Po vysvětlení těchto pokusů by žáci měli pochopit, že ochlazení vysokoteplotního supravodiče (YBCO keramika – Yttrium Barium Copper Oxide) jej zbaví veškerého elektrického odporu, a následně jsou ochotni přijmout fakt, že dokáže v silném magnetickém poli levitovat, což je možné do určité míry vysvětlit tvarem magnetických indukčních čar v okolí supravodiče⁹¹. Tyto pokusy jsou obvykle určeny pro 8. a 9. ročník základní školy. Avšak tato prezentace je velice poutavá a jako motivační prvek ji lze zapojit i u mladších žáků druhého stupně základní školy.

Levitaci vysokoteplotního supravodiče nad dráhou vytvořenou z neodymových magnetů lze použít při demonstračních experimentech na vysvětlení Newtonových zákonů a jejich aplikaci v praxi např. u moderních nekonvenčních dopravních prostředků k dosažení vyšší rychlosti (lanovky a vysokorychlostní vlaky typu Maglev). Lze tak toto dynamické místo propojit s rámcovým vzdělávacím programem pro základní školy.

Dalším případem dynamického místa, které splňuje všechny požadavky na něj kladené a zároveň existuje přímá vazba mezi ním a kritickým místem kurikula zjištěným v předešlém výzkumu, je téma moderních materiálů, konkrétně slitin se zcela novými vlastnostmi, jež umožňují nové technické aplikace. Jedná se konkrétně o drát Flexinol® (také známý jako

⁹¹ Projevuje se zde tzv. Meissnerův-Ochsenfeldův jev spočívající ve vypuzení magnetického pole ze supravodiče, který se tak chová jako ideální diamagnetikum. Vazba mezi diamagnetismem a poklesem odporu na nulu je ve skutečnosti netriviální, protože diamagnetismus je na rozdíl od vedení proudu rovnovážný jev.

⁹² Viz smartwires.eu/index.php?id_cms=8&controller=cms&id_lang=7



Obr. 10 Levitace supravodivé keramiky nad dráhou z permanentních magnetů



Obr. 11 Demonstrační sada „Robotická ruka“ s drátem Flexinol®

Muscle Wire), což je tenké, vysoce kvalitně zpracované vlákno nikel-titanové slitiny zvané Nitinol – slitiny s tvarovou pamětí, která může mít velmi odlišné formy (fáze) při různých teplotách⁹².

Materiály s tvarovou pamětí sice nesplňují jasnou provázanost se stávajícím kurikulem fyziky na základní škole (deformace a změny struktury vlivem teploty se na ZŠ neprobírají), ale materiál Flexinol® tvoří výjimku. V science centrech se během laboratorních cvičení s prvky metod vycházejících z konstruktivismu dá Flexinol® využít pro demonstraci účinků

elektrického proudu procházejícího vodičem. Podmínkou je, aby si žáci při experimentech osvojili poznatky o fungování drátů s tvarovou pamětí, a ty pak uplatní při experimentech s Flexinolem. Jeho tvar je totiž ovlivňován nikoliv změnou teploty (horká voda, vysoušeč vlasů apod.), ale průchodem elektrického proudu. Při průchodu elektrického proudu se drát ohřívá a přejde k mnohem tvrdší formě,

kteřá se vrátí do původní délky, přičemž tento jev je provázen velkým množstvím využitelné síly. To lze využít například k ohnutí prstů robotické ruky či v dalších aplikacích v elektrotechnice a mechanice. Žáci si tak lépe osvojí poznatek o účinku elektrického proudu při průchodu vodičem. Ve výkladu lze navázat i na magnetické vlastnosti a propojit tak učivo s dalším kritickým místem.

7 Moduly pro překonání kritických míst kurikula

7.1 Koncepce modulů

Při tvorbě modulů jsme se snažili důsledně uplatnit *evidence-based* přístup popsany v úvodní kapitole a snažili se co nejlépe zjistit poznatky o tom, co je konkrétním důvodem kritičnosti tématu. Tvorba modulů tak vycházela z poznatků získaných v rozhovorech s učiteli, analýzou výzkumů TIMSS a PISA, viz předchozí kapitoly. Na dalších setkáních s učiteli zapojenými do projektu byla probírána strategie tvorby modulů a to, co by vlastně měly obsahovat. Základní východiska pak byla stanovena jako:

1. Do modulů není účelné k jednotlivým kritickým místům přepisovat kompletní teorii a tvořit tak vlastně paralelní učebnice. Učebnice s kvalitním obsah existují a teoretické poznatky si lze dohledat přehledně zpracované i jinde. Kde to bylo pro modul účelné, jsme přesto nějakou teorii (nikoli kompletně zpracovanou) zařadili.
2. Do modulů není potřeba připravovat zásobník testových úloh. Předpřipravené testy či úlohy k testování žáků jsou v dostatečné kvalitě dohledatelné v jiných zdrojích.
3. Učitelé mají ve výuce k dispozici počítače a často i projektory. Připraví-li se digitální obsah, nebude problém ho žákům prezentovat.
4. Přestože jsou experimenty velmi důležitou složkou většiny hodin, učitelé je často nezařazují kvůli nedostatku času či chybějícímu materiálnímu vybavení.

Další, co z rozhovorů a dalších analýz vyplynulo, bylo to, že příčiny kritičnosti jednotlivých témat nejsou totožné. Totožné tak nemohou být ani moduly, které mají kritičnost odstraňovat. Moduly obvykle uvádějí větší množství videoexperimentů, neboť je obtížnější experimenty připravit a poslouží tak buď jako

návod pro učitele, nebo je lze studentům prezentovat přímo natočené.

Jinde obsahuje modul větší množství textu a námětů, jak téma uchopit. To je případ modulu Čočky, kdy dle našeho názoru bývá příliš akcentováno mechanické rýsování zobrazování čočkami, ale úplně zanedbáno bývá samotné vytvoření obrazu, proč má obraz takové vlastnosti, jaké má.

Jinde je uvedeno více pracovních listů, podle kterých si mohou žáci vytvořit a připravit experiment, vyzkoumat, jak dopadne a interpretovat výsledky.

Stručně k pokusům ve fyzice

Metodické moduly obsahují kromě jiného popis provedení experimentů příslušného modulu. Fyzika je věda o přírodě a role experimentů je ve výuce nezastupitelná. Na tom se asi většina učitelů shodne. Jak ale vypadá praxe?

Z výsledků výzkumu TIMSS z roku 1999 můžeme usoudit, že je (bylo) co zlepšovat. Podstatnou část výuky tvořil výklad látky a demonstračním pokusům bylo věnováno jen sedm procent času. Celosvětový průměr byl při tom 10 procent. Ještě znatelnější byl rozdíl v čase, který experimentování věnovali žáci (15 % mezinárodně vs 5 % u nás). Tyto údaje byly zjištěny od samotných učitelů.⁹³

23 % žáků pak uvedlo, že pokusy vyučující neprovádí téměř nikdy, 47 % občas, 21 % poměrně často a jen 9 % téměř vždy.

Zlepšila se situace za téměř dvacet let od tohoto výzkumu? V novějším výzkumu PISA z roku 2006 36 % žáků uvádí, že učitelé neprovádí pokusy nikdy nebo téměř nikdy. 19 % žáků dle těchto výsledků pak má možnost vidět pokusy téměř vždy. Srovnajme toto číslo s 52 %, které

⁹³ Detailně byla tato problematika řešena v projektu Fyzika Aktivně, aktuálně a s aplikacemi, viz <https://kdf.mff.cuni.cz/projekty/oppa/>

uvádějí němečtí žáci. Ještě větší rozdíl je u pokusů prováděných žáky samotnými.

Žáci by však pokusy dělat chtěli. Výzkum provedený pracovníky katedry didaktiky fyziky MFF UK (Dvořák et al., 2008)⁹⁴ uvádí jako nejpoblárnější součást výuky „dělát pokusy vlastníma rukama“. Následuje využívání počítače k měření a zpracování dat, sestrojování hraček, jednoduchých zařízení apod., samoobjevování a až na pátém místě oblíbenosti je sledování pokusů, které předvádí učitel.

Klasický demonstrační experiment tak sice není nejoblíbenější součástí hodiny, ale stále je preferovanější než výklad látky experimenty nedoprovázený.

Výsledky podporují teze zastánců konstruktivistického přístupu k výuce. Centrem pozornosti je tady žák a jeho samostatná práce, případně jeho samostatné objevování světa kolem něj.

Kde hledat příčiny malého zastoupení experimentů ve výuce? Asi nejběžněji uváděné dva důvody budou časová náročnost jak přípravy, tak samotné realizace experimentu a nedostatečné vybavení.

Základní stavební bloky modulů tak jsou:

Reálná videa k experimentům ukazují, jak je možné experiment provést. Nejedná se o profesionální videa, jsou natáčená jako ilustrace toho, o co v experimentu jde a jak má proběhnout.

V předložené podobě je videa možné přímo použít ve výuce. Výhodou je především rychlost přípravy (v podstatě připojení PC k projektoru) i samotné realizace. Záznam by ale v žádném případě neměl nahradit reálný experiment. Takovéto použití je ospravedlnitelné u složitějších pokusů, u pokusů, pro něž není škola dostatečně přístrojově vybavena, případně by realizace zabrala neúnosné množství času. Ideální je zařazení experimentů, které mohou provádět žáci sami.

Videa jsou dostupná na stránce s materiály projektu: <https://fpe.zcu.cz/kmt/kof/didaktika.html>.

⁹⁴ Viz <http://kdf.mff.cuni.cz/vyzkum/NPVII/PriruckaProUcitele.pdf>

Videosimulace jsou zařazeny v modulu **Čočky**. Jedná se o záznam videa obrazovky z free-ware software Algodo. K použití platí v podstatě totéž, co u reálných videí. Je-li možné s žáky navštívit PC učebnu a nainstalovat na počítače software Algodo mohou žáci, například ve skupinách, jednotlivé případy (zobrazení spojkou, rozptylkou atd.) sami vyzkoušet.

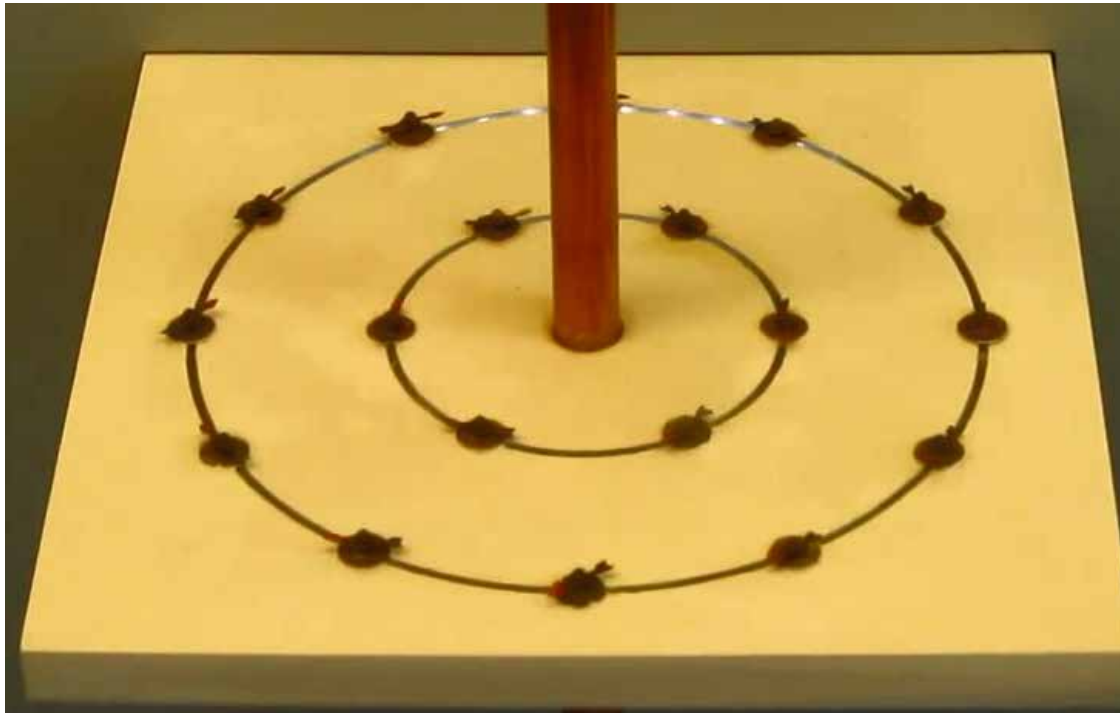
Pracovní listy jsou předpřipravené náměty toho, co lze ve výuce k danému tématu s žáky dělat či procvičovat. Často souvisejí s připraveným videoexperimentem. Hodina pak může vypadat tak, že učitel promítne či provede daný experiment (nebo ideálně si ho připraví a provedou sami žáci) a pak odpovídají na otázky v pracovním listu. Na konci každého modulu je uvedeno řešení dotazů z pracovního listu. Kde to bylo účelné, byla uvedena i teorie či pedagogické poznámky k provedení experimentu, či diskuze jeho výsledků. Kvůli úspoře místa zde není uvedeno řešení všech úloh. Ponechali jsme ho v elektronické podobě pracovních listů na webových stránkách projektu <https://fpe.zcu.cz/kmt/kof/didaktika.html>.

Konkrétní poznámky a obsah modulů je uveden níže.

Koncepce a průběh hodiny

V modulech neuvádíme doporučovanou skladbu hodiny. Z nabídky jednotlivých „stavebních“ kamenů si učitel může vybrat, co zařadí. Lépe je tak možné vyhovět různým hodinovým dotacím jednotlivých témat, specifickým ŠVP apod. (Je obrovský rozdíl, pokud má učitel k dispozici dvě hodiny týdně ve třídě s 15 žáky či jednu hodinu týdně ve třídě s 30 žáky). Učitel může například prezentovat připravený videoexperiment, ale pokud časově nestihne zařadit související pracovní list, nevádí to. Jednotlivé jednotky tak jsou v drtivé většině samostatné a neodkazují na ostatní.

Učitelé si mohou vybrat jen to, co odpovídá jejich zvyklostem při výuce. Mohou použít jednu či více stavebních jednotek, moduly však nenahrazují klasický výklad, spíše ho doplňují.



Obr. 12 Magnetky kolem vodiče, kterým protéká elektrický proud

7.2 Magnetické vlastnosti elektrického proudu a elektromagnet

Dle výzkumu TIMMS více jak 50 % žáků nebylo schopno odpovědět na otázku, co se stane s namotaným kusem drátu, kterým necháme téct elektrický proud. Není jim tedy jasná souvislost mezi elektrickým proudem a magnetickým polem.

Jako kritické místo magnetismus označovali učitelé z našeho výzkumu. Mezi časté odpovědi, proč tomu tak je, odpovídali učitelé především následovně:

1. Téma je zařazeno ke konci školního roku a není tak na něj už dostatek času.
2. Celé téma magnetismu se žákům nelíbí.
3. Magnetismus je popisován veličinami, s kterými mají žáci největší problémy.
4. Je to i neoblíbené téma učitele.

Proto jsme pro toto téma vypracovali tento modul.

Možné nesnáze magnetických experimentů

Kromě problémů popsaných v modulu Magnetické pole a indukční čáry zde musíme myslet

i na přítomnost zemského magnetického pole. Magnetická pole, která generují vodiče s proudem (v našich podmínkách), mají řádově stejnou velikost magnetické indukce jako zemské pole (jednotky či desítky mikrotésly). Nemůžeme tak například očekávat, že se střílka stočí přesně do směru očekávané indukce v okolí vodiče. Vždy se stočí ve směru indukce celkového magnetického pole v onom místě.

Pozornost musíme věnovat také směru, ve kterém experimenty postavíme. Pokud bychom například vodič v Ørstedově pokusu natáhli od západu k východu, bude mít magnetická indukce pole vodiče pod vodičem stejný nebo opačný směr (podle směru proudu) jako indukce zemského magnetického pole. Očekávaný jev natočení magnetky by nemusel vůbec nastat – pole by se buď posilovala nebo odedčítala.

Magnetické pole vodiče s proudem

Zjistili jsme a experimentem ověřili, jak na sebe silově působí magnetické pole permanentního magnetu a kovové hřebíčky a jak toto pole můžeme mapovat pomocí magnetické střílky.



Obr. 13 Magnetka v blízkosti vodiče, který je připojen ke zdroji elektrického napětí

To, že magnetku je možné ovlivnit i jinak než přiblížením permanentního magnetu, objevil vlastně náhodou již v roce 1820 Christian Ørsted. Postupujme s ním: Nad stříčku mířící k severu napneme ve směru sever-jih elektrický vodič. Jako zdroj elektrického napětí použijeme plochou baterii.

Po zapnutí proudu vidíme, že na stříčku působí magnetická síla (stříčka se pootočí) způsobená průchodem proudu ve vodiči. S rostoucím proudem vodičem se zvětší úhel mezi stříčkou a vodičem.

Poznámka ke směru:

Stříčkou otáčí síla (moment) vzniklá součtem vlivu horizontální složky magnetického zemského pole a magnetického pole vodiče. Magnetické pole popisujeme veličinou magnetická indukce. Horizontální složka magnetické indukce zemského magnetického pole v ČR je asi $B_{země} = 20\mu\text{T}$.

Je to oproti magnetickému poli od vodiče hodně nebo málo?

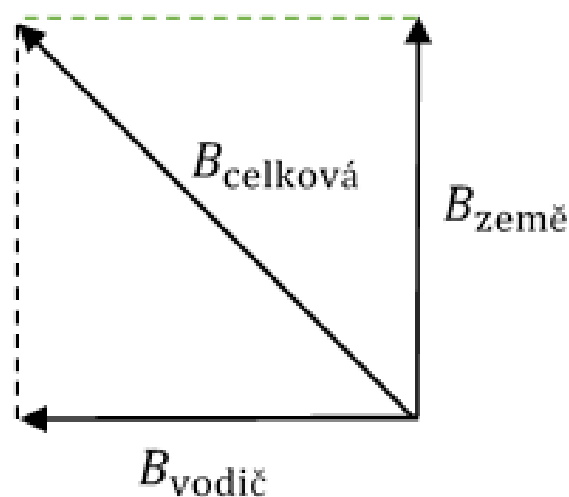
Magnetickou indukci ve vzdálenosti r od dlouhého přímého vodiče vypočteme jako:

$$B_{\text{vodič}} = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r},$$

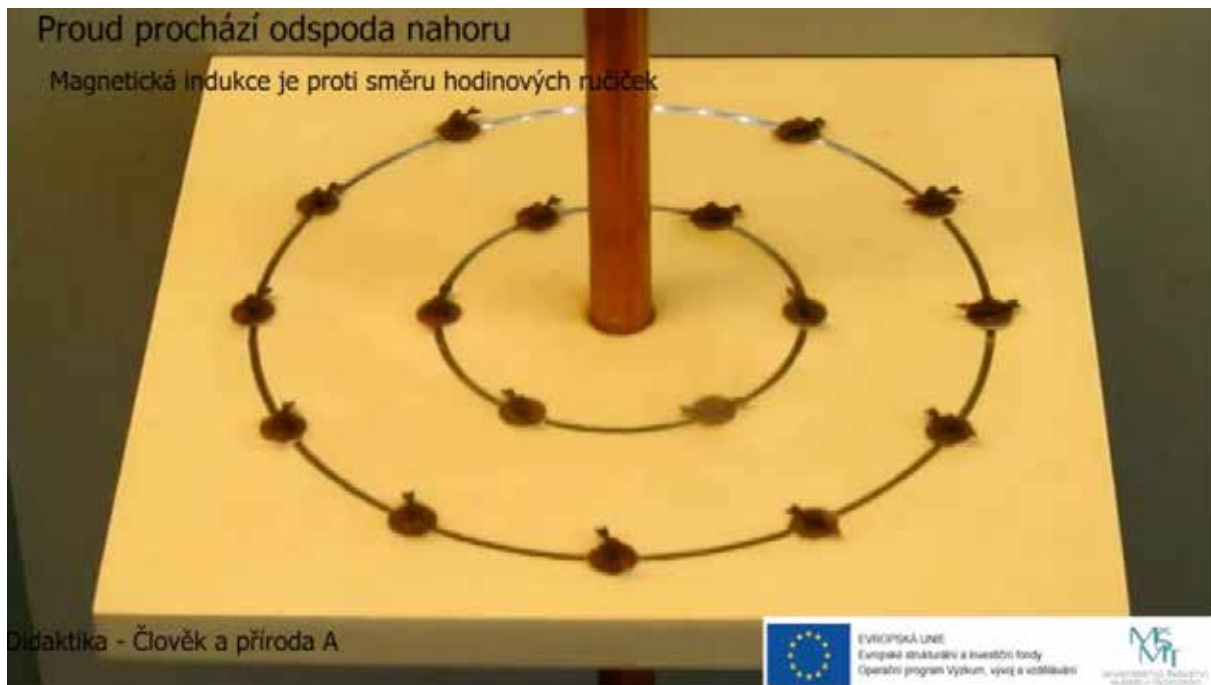
kde I je proud ve vodiči je permeabilita vakua (přibližně i vzduchu). Umístíme-li tak magnetku 5 cm od vodiče a vodičem necháme protékat proud 5 A, je magnetická indukce rovna

$$B_{\text{vodič}} = \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 5}{2 \cdot \pi \cdot 0,05} \text{ T} = 20\mu\text{T}.$$

Hodnota tak velikostí odpovídá magnetické indukci zemského magnetického pole. O směru magnetické indukce v okolí vodiče s proudem se ještě zmíníme, situace je nyní takováto:



Obr. 14 Směr magnetické indukce v okolí vodiče s proudem



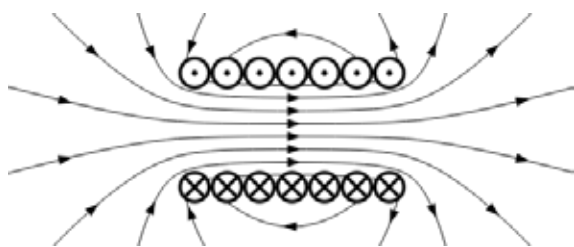
Obr. 15 Magnetky kolem vodiče, kterým neprotéká elektrický proud

Magnetka se stáčí ve směru celkové magnetické indukce vodiče, který jsme na začátku orientovali ve směru magnetické indukce zemského pole. Čím větší je magnetická indukce magnetického pole vodiče, tím více se magnetka od vodiče stáčí.

Střelky se opět rovnají ve směru celkové magnetické indukce v místě, kde jsou umístěné. I tady se skládá příspěvek magnetického pole země s příspěvkem magnetického pole přímého vodiče.

Magnetické pole cívky

Žáci již vědí, a v ideálním případě si sami vyzkoušeli, že okolo vodiče s proudem vzniká magnetické pole. Můžeme je zkusit otázkami



Obr. 16 Magnetické pole uvnitř cívky a v její blízkosti

dovést k tomu, jak by asi „sílu“ magnetického pole zvýšili.

Pravděpodobně je napadne použít zdroj s vyšším napětím, aby vodičem tekla větší proud. Často padne ale i návrh, jak dosáhnout toho, aby se v jednom místě sčítal příspěvek od více vodičů. Mohli bychom natáhnout vodiče dva, nebo umístit blízko k sobě různé úseky téhož vodiče. Tvoříme tak cívku.

Magnetkou už umíme mapovat magnetické pole permanentního magnetu a pole přímého vodiče s proudem. Může padnout i návrh stočit vodič do kružnice. Tu si však lze představit jako jednozávitovou cívku.

Jaká bude situace u cívky?

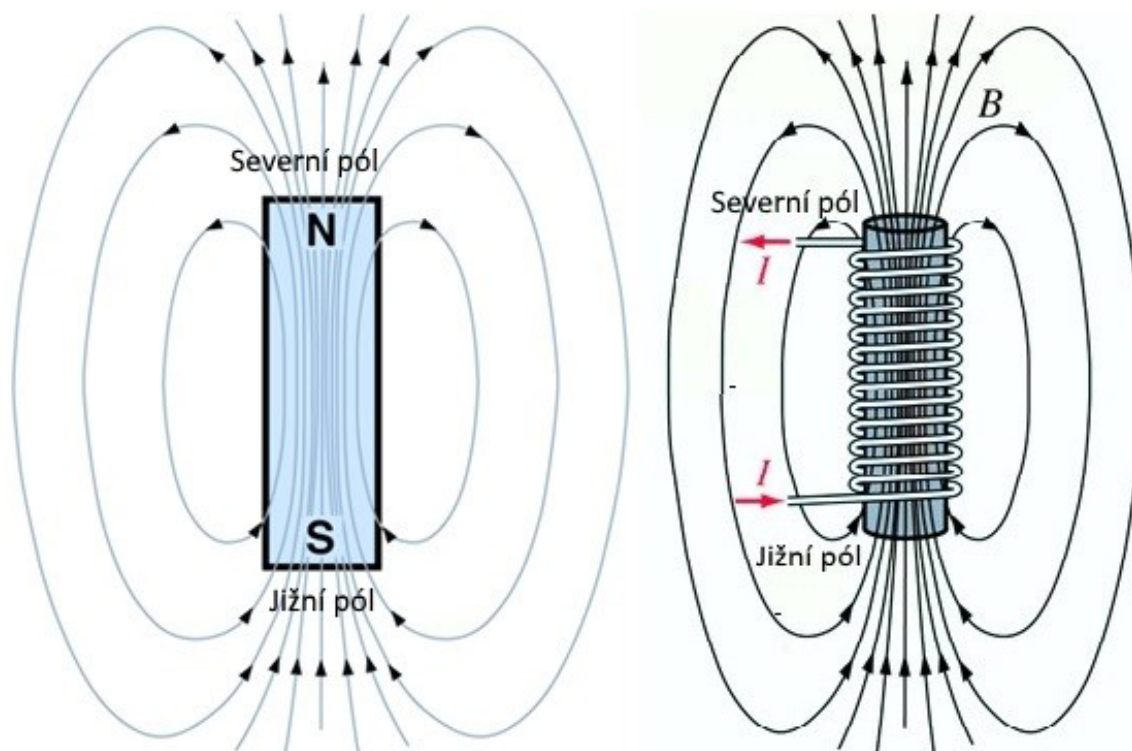
Experiment i video experimentu ukazují, že magnetické pole v okolí cívky má podobný charakter, jako pole v okolí permanentního magnetu. „Severní“ pól cívky určíme pravidlem pravé ruky tak, že prsty položíme na cívku ve směru proudu a strana palce je severní pól. Jinak řečeno je to pro daný směr točení cívky ta strana cívky, ke které je připojen kladný pól zdroje.



Obr. 17 Experiment mapující magnetické pole uvnitř cívky

Takto vyrobená cívka má výhodu, že je možné ověřit směr magnetické indukce i uvnitř cívky, což u plného permanentního magnetu nebylo

možné. Pro srovnání můžeme žákům promítnout pole permanentního magnetu a cívky vedle sebe:

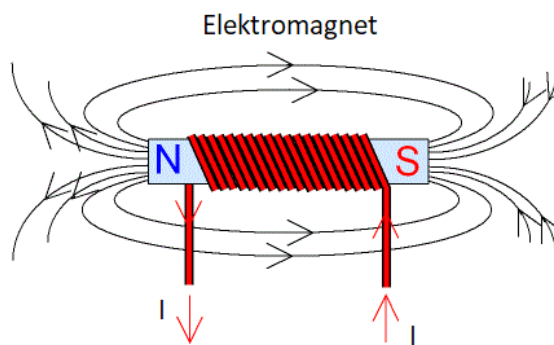


Obr. 18 Část magnetického pole permanentního magnetu a cívky

Zatím jsme magnetické pole cívky jen mapovali magnetkou. Má-li ale cívka kvalitativně velmi podobné magnetické pole jako permanentní magnet, může i ona „zdvihnout“ feromagnetické předměty?

Elektromagnet

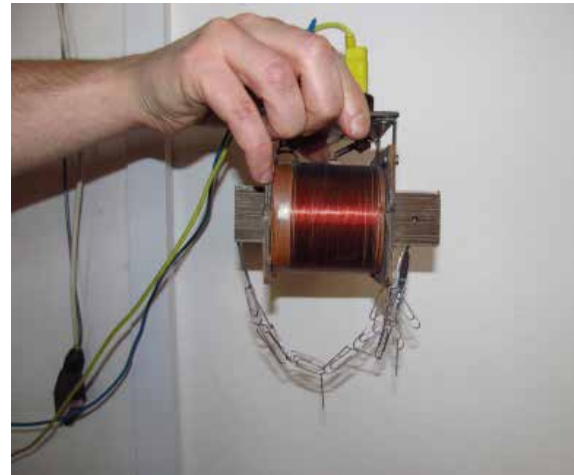
Elektromagnet je zařízení, které vznikne, pokud do jádra cívky vložíme jádro z magneticky měkké oceli⁹⁵.



Obr. 19 Elektromagnet

Magnetické pole, které vytvoří cívka, zmagnetuje jádro, které se začne chovat jako permanentní magnet.

Můžeme tedy provést podobný experiment, jaký jsme dělali v modulu Magnetické pole a indukční čáry s permanentním magnetem:



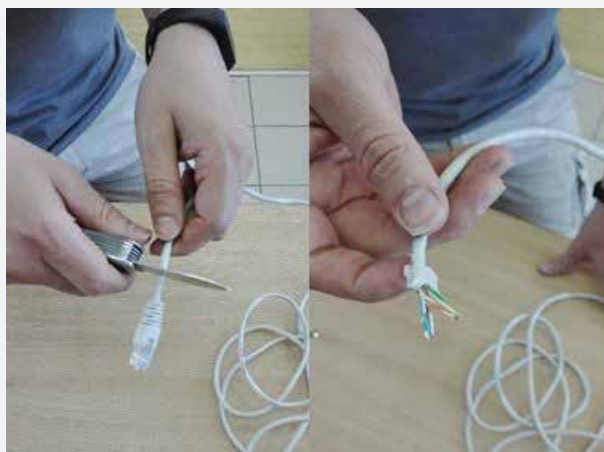
Obr. 20 Elektromagnet vytvořený z cívky a jádra

⁹⁵ Měkká ocel se využívá proto, aby byly sníženy ztráty, které by byly u magneticky tvrdého materiálu podstatně větší.

Úloha Elektromagnet

pomůcky	izolovaný drátek např. z rozebraného UTP kabelu, hřebík, kancelářské sponky, plochá baterie, vytištěný pracovní list
odhadovaný čas na přípravu	15 min.
odhadovaný čas na provedení	15 min.

UTP kabel, rozmotejte viz obrázky.



Obr. 21 Návod na tvorbu elektromagnetu s UTP kabelu

1. Konce drátku odizolujte.
2. Na hřebík namotejte jeden z drátků alespoň dvacet otáček, tak aby oba konce byly volné.



Obr. 22 Namotání drátku na hřebík

3. Oba konce připojte ke zdroji elektrického proudu (ploché baterii)
4. Hřebík přiblížte ke kancelářským sponkám, které se k hřebíku přitáhnou.

Otázky:

1. Spočítej, kolik kancelářských sponek unese vytvořený elektromagnet, a porovnej to s ostatními vytvořenými elektromagnety ve třídě?
2. Proč se liší počty kancelářských sponek, které unese elektromagnet?
3. Jak byste dosáhli zvýšení počtu kancelářských sponek, které elektromagnet unese?



Obr. 23 Vytvořený elektromagnet

Úloha

Elektromagnet – cívka připojená k elektrickému zdroji



Obr. 24 Experiment mapování magnetického pole v okolí cívky

pomůcky	cca 1 m dlouhý izolovaný vodič, elektrický zdroj (například plochá baterie), obal např. šumivých vitamínů, magnetická strelka, lepenka, vytištěný pracovní list
odhadovaný čas na přípravu	5 min.
odhadovaný čas na provedení	10 min.

1. Namotejte drát na obal např. od šumivých vitamínů, tím vzniká cívka.
2. Namotaný drát (cívku) přilepte lepenkou.
3. K namotanému drátu (cívce) přiblížte magnetickou strelku (vše mějte v dostatečné vzdálenosti od kovů).
4. Připojte baterii k namotané cívce a sledujte, co se děje s magnetickou strelkou.
5. Změňte polaritu baterie a pozorujte magnetickou strelku.
6. Přečtěte si tvrzení napsaná níže a zakroužkujte ANO, pokud tato tvrzení jsou správná.
7. Zakroužkujte NE, pokud jsou tvrzení nesprávná.

Otázky

1. Po přiblížení magnetické strelky k namotanému drátu (cívce), který nebyl připojený k elektrickému zdroji, se magnetická strelka začala chovat jinak.
 ANO NE
2. Po přiblížení magnetické strelky k namotanému drátu (cívce), který byl připojený k elektrickému zdroji, se magnetická strelka začala chovat jinak.
 ANO NE
3. Po změně polarity se magnetická strelka snažila otáčet na opačnou stranu než před změnou polarity.
 ANO NE
4. Otáčení magnetické strelky lze vysvětlit tím, že v okolí cívky vzniká magnetické pole.
 ANO NE

Úloha

Magnetické pole okolo přímého vodiče

pomůcky	dlouhý přímý vodič, CD, kus papíru, plochá baterie, stojan, střelka, vytištěný pracovní list
odhadovaný čas na přípravu	10 min.
odhadovaný čas na provedení	15 min.

1. Skrz CD provlečte dlouhý přímý vodič.
2. Dlouhý přímý vodič upevněte do stojanu tak, aby byl, pokud možno, kolmo ke stolu.
3. Dlouhý přímý vodič upevněte pomocí kusu papíru k CD



Obr. 25 Mapování magnetického pole kolem přímého vodiče

4. Na CD umístěte střelku/střelky.
5. Ke koncům vodičů připojte póly baterie.
6. Pozorujte chování střelky.
7. Pokud používáte jednu střelku, posouvejte střelku kolem vodiče vždy při nepřipojené baterii.
8. Vyměňte připojené póly.
9. Pozorujte střelku/y.
10. Pokud používáte jednu střelku, posouvejte střelku kolem vodiče vždy při nepřipojené baterii.
11. Zformulujte pravidlo, pomocí kterého byste vždy byli schopní určit, na jakou stranu se natočí střelka po připojení zdroje elektrického napětí. Náповěda: použijte ke zformulování pravou ruku.

Úloha

Magnetické pole uvnitř cívky

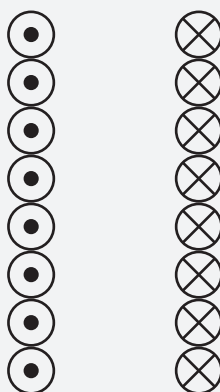
pomůcky	čirá prázdná PET láhev, střížka, dlouhý izolovaný vodič, plochá baterie, vytištěný pracovní list
odhadovaný čas na přípravu	5 min.
odhadovaný čas na provedení	5 min.

1. Čirou PET láhev rozřízněte tak, abyste měli jednu část, která nezmenšuje poloměr.



Obr. 26 Určování magnetického pole uvnitř cívky

2. Na PET láhev namotejte izolovaný drát, tak aby konce vodič končili na jedné straně.
3. Přilepením PET láhve ke stolu zabraňte pohybu ustřížené PET láhve.
4. Do PET láhve umístěte střížku.
5. Konce vodiče přiložte k pólům baterie.
6. Sledujte, co se děje se střížkou.
7. Načrtněte část magnetické indukční čáry uvnitř vámi vytvořené cívky.



Obr. 27 Průřez závitů cívky

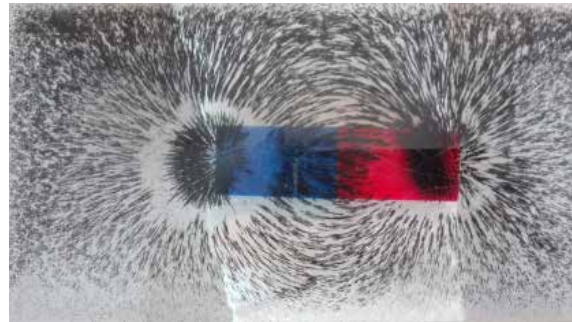
7.3 Magnetické pole a indukční čáry

Tato část je věnována kritickému místu **Magnetické pole a indukční čáry**. Toto téma bylo jako kritická při rozhovorech označeno hned několika z učitelů. Pojďme se společně zamyslet nad tím, proč tomu tak je a co s tím dělat. Modul obsahuje mnoho návrhů na experimenty, jejich rozbor a upozornění na možné problémy při realizaci. Většina experimentů bude obsahovat fotografii či video, pokud byste nemohli/nestihli experiment provést opravdu. Reálných experimentů či experimentů, které provedou sami žáci, by však mělo být maximum.

Co už víme – Opakování, indukční čáry

Úvodem je dobré zopakovat, co již žáci o magnetismu vědí, např. formou diskuze se třídou. Dozvíme se pravděpodobně, že existují permanentní magnety a že jsou schopné přitahovat kovové předměty. Dobré je zmínit se, proč ve fyzice zavádíme pojem pole: umožňuje nám popsat silové působení na dálku bez fyzického dotyku těles. Je to jistá forma hmoty odlišná od látky.

Zde se hodí upřesnit na jaké látky vlastně magnetické pole působí. V žácích bývá zakořeněná představa, že na jakýkoli kov. Toto snadno



Obr. 28 Magnetické pole tyčového magnetu v jeho blízkosti

vyvrátíme hliníkovou lžičkou či kouskem mědi. Můžeme s žáky zkusit, které předměty z jejich penálů se budou a které nebudou k magnetu přitahovat. Rychle tak dospějeme k tomu, že magnet působí na látky železné (což je něco jiného než kovové). Připomeneme, že skupinu látek, na které magnetické pole silně působí, označujeme jako látky feromagnetické, ostatní látky jako nemagnetické. Pozn. je to složitější, viz látky para-, dia-, feri-, antiferomagnetické. Podrobnější klasifikace látek z hlediska magnetických vlastností má místo až ve vyšších ročnících.

Jako rychlý úvodní experiment ukážeme, že permanentní magnet je schopen udržet ve vzduchu železný hřebíček či špendlík:



Obr. 29 Vlastnosti permanentního magnetu

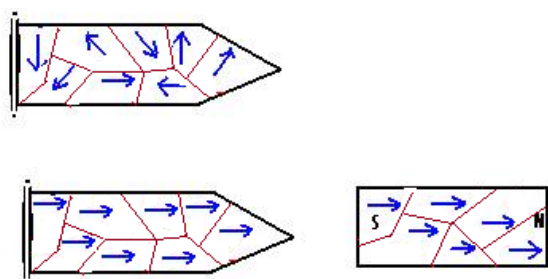
Toto asi žáky nepřekvapí, přitahování železa a magnetu znají z běžného života (magnety na dveřích lednice, magnetické zajišťovače dvířek kuchyňských skříněk apod.)

Překvapení může ovšem nastat, pokud k prvnímu magnetu připojíme řadu dalších:



Obr. 30 Hřebíčky u tyčového magnetu

To poukazuje na to, že i malé hřebíčky se staly magnety. Zvědavějším žákům můžeme vysvětlit, že jev, kdy se železný hřebík v přítomnosti magnetického pole stane magnetem, nazýváme zmagetováním či magnetickou indukcí (neplést se základní magnetickou veličinou) a vysvětlit si jí lze takto:



Obr. 31 Zmagetování hřebíků

Hřebík si můžeme představit jako složený z malých směrově neuspořádaných magnetů⁹⁶. Míří různými směry a jejich vliv se navzájem vyruší. Působením magnetického pole permanentního magnetu se malé magnety srovnají tak, že i po odstranění permanentního magnetu zůstává hřebík magnetický – zmagetoval se. Různým tělesům a látkám trvá různou dobu, než toto indukované magnetické

pole ztratí. Látky, které zůstanou zmagetované dlouhou dobu, nazýváme jako magneticky tvrdé látky. Ostatní jako magneticky měkké.

Jako malý magnet se chová i magnetická střílka (magnetka) v kompasu. Svým severním pólem se stáčí k zeměpisnému severu, poblíž kterého se nachází magnetický jižní pól země. Podobně jako se silově ovlivňují dva permanentní magnety bude se silově ovlivňovat i magnetka a permanentní magnet. Jak to dopadne v praxi?



Obr. 32 Střílky v blízkosti tyčového magnetu

Odkaz na video viz konec kapitoly.

Vidíme, že se magnetka v různých místech natáčí různým směrem. Postavení jednotlivých magnetek je možné proložit křivkou a spojit s křivkami magnetek okolních. Čáry (mluvíme teď o čárách mimo objem magnetu) by měly být hladké a mít některé vlastnosti:

- nikde se nemohou protínat;
- u pólů magnetu je jejich výskyt hustší a dál od pólu řidší;
- jsou symetrické podél osy magnetu.

Takovéto čáry nazýváme jako **magnetické indukční čáry**. Přesněji bychom řekli, že magnetické indukční čáry jsou myšlené křivky, jejichž tečna v každém bodě určuje směr vektoru magnetické indukce⁹⁷. Jelikož nepozorujeme magnetické monopóly, které bychom považovali za zdroj magnetického pole, jsou magnetické indukční čáry vždy bez začátku a konce – jsou uzavřené nebo nekonečné.

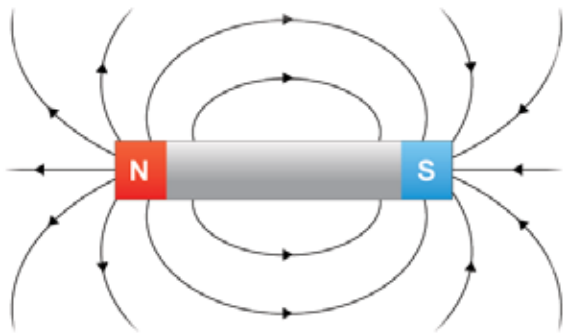
⁹⁶ Tyto malé magnety ztratí svoji magnetizaci při vysokých teplotách. Obecně magnetismus je kvantový a relativistický jev, což je však přirozeně nad rámec učiva ZŠ.

⁹⁷ Orientace magnetických indukčních čar je věcí domluvy.

U tyčového permanentního magnetu jsou magnetické indukční čáry hladké uzavřené křivky vycházející ze severního pólu a vstupující do jižního pólu magnetu.

Zobrazení magnetických indukčních čar

Spojením poloh magnetek u permanentního magnetu bychom dostali takovéto uspořádání:



Obr. 33 Magnetické indukční čáry permanentního magnetu

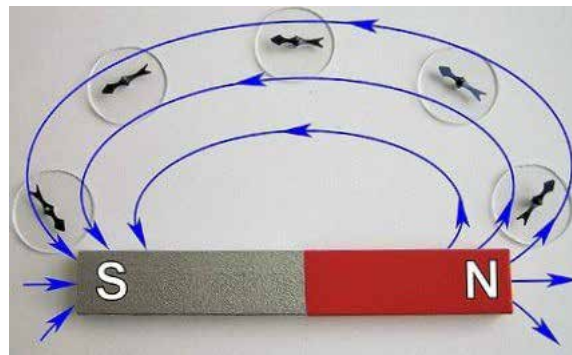
Jakou informaci nám ale indukční čáry přinášejí? Podívejme se nejprve na srovnání magnetických indukčních čar a elektrických siločar.

Zatímco u elektrického pole existují jeho zdroje – elektrické náboje, nic jako „magnetické náboje, monopóly“ nebylo zatím pozorováno.

Tečna elektrických siločar ukazuje jednoduše směr silového působení pole na kladný náboj. Analogicky by magnetická indukční čára ukazovala směr síly na magnetický monopól. Tyto však v přírodě nebyly pozorovány.

Magnetické pole můžeme mapovat pomocí magnetky. Na tu působí v každém místě magnetického pole silový moment, který se snaží srovnat osu magnetky (vektor magnetického dipólového momentu) ve směru vektoru magnetické indukce. Jinak řečeno magnetka se stáčí do polohy s minimální potenciální energií.

Do každého místa indukční čáry tak můžeme nakreslit malou magnetku orientovanou ve směru čáry a mířící jižním pólem k severnímu pólu magnetu:



Obr. 34 Střelky v blízkosti tyčového magnetu

Je možné tímto způsobem mapovat i magnetické pole v okolí vodiče s proudem?

Prohlédněte si video viz odkaz níže.

Střelka je vhodná v případě, že nás zajímají magnetické indukční čáry v určitém místě magnetického pole. Pokud však chceme mít celkový náhled na dané pole, magnetka není praktická. Je samozřejmě možné použít větší počet magnetek. Hrozí zde ale nebezpečí, že magnetické pole magnetek ovlivní magnetky mezi sebou. Magnetky jsou také poměrně veliké, nelze tak hovořit o bodovém zobrazení magnetických indukčních čar.

Jako malé magnetky se ale chovají i zmagnetované železné piliny. Je tak možné zobrazit například indukční čáry tyčového magnetu:

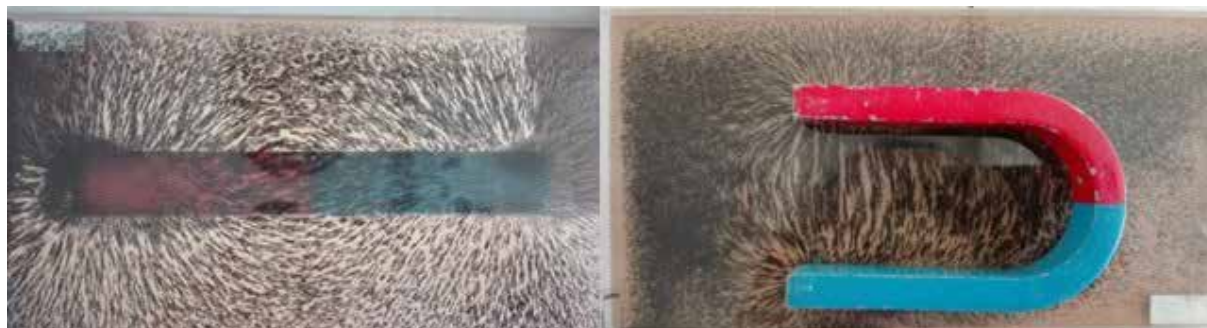


Obr. 35 Železné piliny zobrazující magnetické pole tyčového magnetu

Magnet je potřeba překrýt průhlednou destičkou (euro desky, plexisklo apod.) a piliny sypat na destičku nejlépe sítkem. Zajistíme tak rovnoměrné rozmístění pilin nad celou plochou magnetu.

Mírně komplikovanou práci s pilinami nám usnadní prodávané zařízení k zobrazení magnetických indukčních čar. Jedná se o nádobu

s řídkým olejem a nasýpanými pilinami. Odpadá přímý kontakt s pilinami, výsledky tak mohou být lepší:



Obr. 36 Železné piliny zobrazující magnetické pole magnetů

Možné nesnáze magnetických experimentů

Feromagnetické materiály se v magnetickém poli magnetují a mohou ovlivňovat magnetické jevy v okolí. Nebude-li se vám například magnetka na stole chovat tak, jak byste očekávali, může to být způsobeno tím, že máte zmagnetovanou železnou kostru stolu. Nejlepší je magnetické experimenty provádět daleko od kovových předmětů, na dřevěných stolech apod. Další možností je provést odmagnetování kovových částí stolu cívkou se střídavým proudem.

U zobrazení magnetických indukčních čar musíme myslet na to, že magnetické pole v okolí například permanentního magnetu má trojrozměrnou podobu, kterou se snažíme popsat v dvojrozměrné ploše (na papír). Je možné sestavit i zařízení pro zobrazení prostorové (viz obr. 37).

Možný průběh hodiny

Průběh hodiny (či její části) můžeme koncipovat jako sled na sebe logicky navazujících kroků, jejichž výstupy můžeme formulovat:

- Žák zná permanentní magnet.
- Pole permanentního magnetu (směr magnetické indukce) je možné mapovat pomocí magnetické stříelky.
- Magnetická stříelka v okolí vodiče s proudem je silově ovlivňována (otáčí se ve směru magnetické indukce okolního

magnetického pole) → kolem vodiče s proudem vzniká magnetické pole.

- Magnetické pole vodiče s proudem můžeme také mapovat magnetickou stříelkou.
- Porovnat můžeme podobu mag. pole permanentního magnetu a cívky.



Obr. 37 Prostorové zobrazení magnetického pole permanentního magnetu

Úloha

Experiment dělení magnetů

pomůcky	čtyři permanentní magnety např. na tabuli, permanentní magnet s označením severu, vytištěný pracovní list
odhadovaný čas na přípravu	do 5 min.
odhadovaný čas na provedení	5 min.

1. Spojte několik permanentních magnetů.
2. Určete severní pól takto vzniklého magnetu.
3. Načrtněte magnetické indukční čáry kolem spojených permanentních magnetů i s orientací do obrázku A.
4. Spojené magnety rozdělte na dvě části (obrázek B).
5. Zakreslete, po dělení magnetu, severní póly a jižní póly vzniklých magnetů do obrázku B.
6. Znovu spojte magnety.
7. Spojené magnety rozdělte na tři části (obrázek C).
8. Zakreslete, po dělení magnetu, severní póly a jižní póly vzniklých magnetů.



A



B



C

Obr. 38 Náčrtek permanentních magnetů A) čtyři spojené magnety, B) rozdělené čtyři magnety po dvojicích, C) rozdělení magnetů 1+2+1

Úloha

Experiment magnetické indukční čáry magnetů

pomůcky	permanentní magnety (tyčový, podkova), železné piliny, tvrdší plastové průhledné desky, vytištěný pracovní list
odhadovaný čas na přípravu	5 min.
odhadovaný čas na provedení	5 min.

1. Do plastových desek nasype malé množství železných pilin.
2. Magnet položte na stůl. Na magnet položte plastové desky s pilinami.
3. Jemně do plastových desek klepejte.
4. Železné piliny vykreslí tvar magnetických indukčních čar.
5. Zakreslete magnetické indukční čáry magnetu i s jejich orientací.
6. Opakujte pro jiné tvary magnetů.



Obr. 39 Tyčový magnet



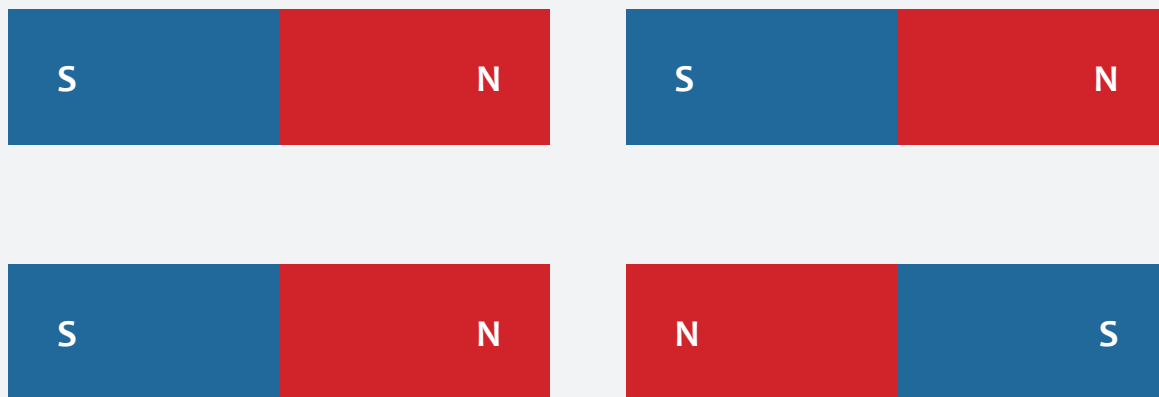
Obr. 40 Podkovovitý magnet

Úloha

Experiment magnetické indukční čáry více magnetů

pomůcky	permanentní magnety tyčové, kovové piliny, tvrdší plastové desky, vytištěný pracovní list
odhadovaný čas na přípravu	5 min.
odhadovaný čas na provedení	5 min.

1. Do plastových desek nasypete malé množství železných pilin.
2. Magnety položte na stůl (viz první dvojice magnetů).
3. Na magnet položte plastové desky s pilinami.
4. Jemně do plastových desek klepejte.
5. Železné piliny vykreslí tvar magnetických indukčních čar.
6. Zakreslete magnetické indukční čáry magnetu i s jejich orientací.
7. Opakujte pro jiné uspořádání magnetů (viz druhá dvojice magnetů)



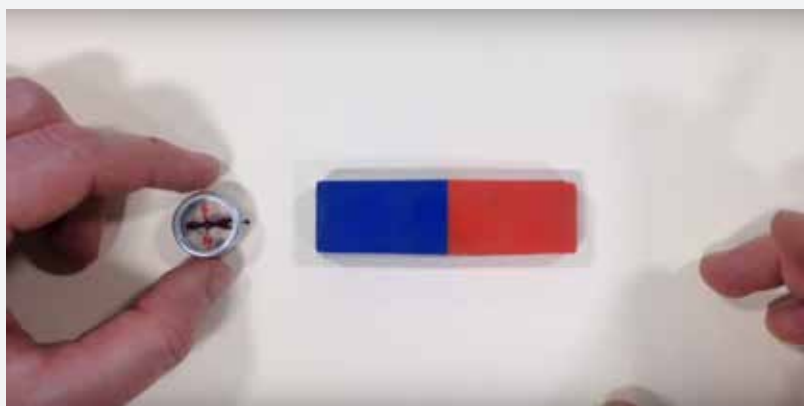
Obr. 41 Rozložení tyčových magnetů pro experiment

Úloha

Experiment magnetické indukční čáry vizualizované střílkou kompasu

pomůcky	tyčový permanentní magnet, střílka, tužka, papír
odhadovaný čas na přípravu	5 min.
odhadovaný čas na provedení	5 min.

1. Položte permanentní magnet do středu papíru a obkreslete jej.
2. Přiložte střílku k jednomu z pólů magnetu.
3. Udělejte na papíře tečku tam, kde končí střílka.
4. Pohněte se střílkou tak, aby tečka byla u opačného pólu střílky viz obrázek.



Obr. 42 Návodný obrázek k vizualizaci magnetických indukčních čar

5. Na konci střílky, kde není tečka, udělejte novou tečku.
6. Takto pokračujte, co vám papír stačí.
7. Tečky propojte a nakreslete šipku na každé čáře, která mívá od severního pólu magnetu.
8. Podobně opakujte pro různé výchozí polohy.

Úloha

Experiment magnetické indukční čáry se špendlíky

pomůcky	permanentní magnet (nejlépe tyčový), špendlíky nebo kancelářské sponky, vytištěný pracovní list
odhadovaný čas na přípravu	5 min.
odhadovaný čas na provedení	5 min.

1. Rozsypete špendlíky na hromádku.
2. Položte permanentní magnet do špendlíků.
3. Pomalu zvedejte magnet.
4. Špendlíky propojí severní a jižní pól magnetu, což může reprezentovat magnetickou indukční čáru.
5. Z magnetu sundejte špendlíky.
6. Permanentní magnet potočte okolo podélné osy a celý postup opakujte!
7. Načrtněte k obrázku permanentního magnetu Vámi zobrazené magnetické indukční čáry.



Obr. 43 Zobrazení tyčového magnetu pro experiment se špendlíky

Úloha

Experiment – určení severu pomocí jehly

pomůcky	permanentní magnet (nejlépe tyčový), jehla, miska s vodou, korkový špunt (plátky korku cca 1 cm široké), vytištěný pracovní list
odhadovaný čas na přípravu	5 min.
odhadovaný čas na provedení	5 min.

1. Magnetem nejméně desetkrát přejeďte jehlu jedním pólem v jednom směru.
2. Jehlu opatrně na plátek korkového špuntu a vše položte hladinu vody.
3. Jehla se natočí ve směru sever – jih.

Otázky:

1. Jaký předmět byste použili namísto jehly? Proč?
2. Stala se jehla magnetem?
3. Na jaký zeměpisný pól ukazuje severní pól jehly?
4. Co by se stalo, kdybyste nejméně dvacetkrát přešli jehlu opačným pólem magnetu v jednom směru? Ověřte pokusem a výsledek запиšte!



Obr. 44 Improvizovaný kompas vytvořený z jehly, korkového špuntu a vody

Úloha

Experiment – magnetické indukční čáry magnetu – piliny

pomůcky	permanentní magnet (nejlépe tyčový), železné piliny, tvrdší plastové desky, vytištěný pracovní list
odhadovaný čas na přípravu	5 min.
odhadovaný čas na provedení	5 min.

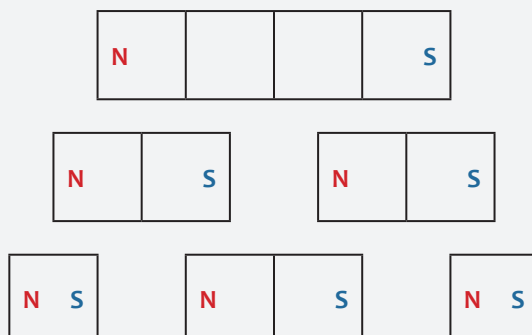
1. Do plastových desek nasypete malé množství železných pilin.
2. Magnety položte na stůl (viz obrázek).
3. Na magnet položte plastové desky s pilinami.
4. Jemně do plastových desek klepejte.
5. Železné piliny vykreslí tvar magnetických indukčních čar.
6. Zakreslete magnetické indukční čáry magnetu i s jejich orientací.



Obr. 45 Zobrazení tyčového magnetu pro experiment s železnými pilinami

Řešení úloh

Experiment dělení magnetů



Obr. 46 Řešení experimentu „dělení magnetů“

Experiment magnetické indukční čáry magnetů

Pedagogická poznámka:

Po práci s železnými pilinami budou žáci s největší pravděpodobností špinaví a výsledek se nepovede na poprvé.

Je žádoucí použít raději méně železných pilin a rozprostřít je do dvou vhodně umístěných míst. Pokud žáci získají cvik s železnými pilinami, pak pokusy vycházejí poměrně hezky.

Je nanejvýše vhodné, aby se před tímto pokusem seznámil i učitel s prací s železnými pilinami.

Experiment magnetické indukční čáry více magnetů

Reálná reprezentace magnetických indukčních čar obrázek 1:

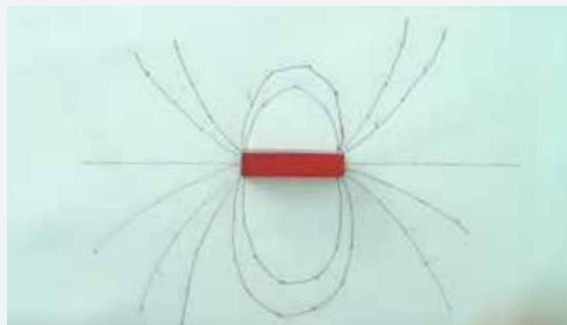


Obr. 47 Řešení experimentu “magnetické indukční čáry více magnetů”

Reálná reprezentace magnetických indukčních čar obrázek 2:



Obr. 48 Řešení experimentu “magnetické indukční čáry více magnetů”

Experiment magnetické indukční čáry střelky kompasu

Obr. 49 Řešení experimentu “magnetické indukční čáry vizualizované střílkou kompasu”

Experiment magnetické indukční čáry s hřebíky

Pedagogická poznámka:

Kromě magnetické síly působí na hřebíky samozřejmě i tíhová síla. Tvar tak siločáre odpovídá jen přibližně.

Experiment – určení severu pomocí jehly

1. Jaký předmět byste použili namísto jehly? Proč?
Lze použít jakýkoli vhodný předmět z feromagnetického materiálu. Například špendlík, roztaženou kancelářskou sponku, ...
2. Stala se jehla magnetem?
Jehla se stala magnetem reagující na magnetické pole Země.
3. Na jaký zeměpisný pól ukazuje severní pól jehly?
Jehla ukazuje přibližně na severní zeměpisný pól, protože blízko něho je jižní magnetický pól.
4. Co by se stalo, kdybyste nejméně dvacetkrát přejeli jehlu opačným pólem magnetu v jednom směru? Ověřte pokusem a výsledek запиšte!
Konce jehly by změnila polarizaci. Konec jehly, který ukazoval na sever, bude ukazovat na jih. Lze ověřit pomocí střílky, popřípadě mobilního telefonu se zapnutou aplikací kompas.

7.4 Hustota

S tématem žáci často zápasí. Je, alespoň pro mladší žáky, obtížnější matematicky (jsou zde přece nepochopitelné zlomky!!!) a výklad se

může smršknout pouze na dělení čísel hmotnosti a objemu. Co by žákům mohlo pomoci s tímto tématem, se pokusí shrnout tento modul.

Úloha

Porovnávání hustoty

Úvodní videoexperiment ukazuje chování kapalin různých hustot a jejich slití do sklenice/odměrného válce.



Obr. 50 Obrázek z videoexperimentu na porovnání hustot

pomůcky	úzká dlouhá sklenička, med, saponát, voda, rostlinný olej, víčko od PET láhve, kousek dřeva, žvýkačka dražé, mosazný šroubek, vytištěný pracovní list
odhadovaný čas na přípravu	10 min.
odhadovaný čas na provedení	15 min.

1. Na dno skleničky opatrně nalijte med.
2. Do skleničky, ve které je na dně med, nalijte pomalu saponát.
3. Do skleničky dále pomalu přilijte vodu.
4. Do skleničky dále rostlinný olej.
5. Vzhledem k tomu, že hustota tekutin jde od největší k nejmenší, vše by se mělo ustálit podobně jako na obrázku.



Obr. 51 Kapaliny (med, saponát, voda, olej) nad sebou podle hustot

6. Připravte si pevná tělesa a do obrázku zakreslete, kde čekáte, že každé těleso zůstane.
7. Poté začněte dávat tělesa do sklenice. Začněte od těch, kde si myslíte, že budou u dna.
8. Porovnejte zjištěné zkušenosti s odhadovanými.
9. Odhadněte číselně hustotu pevných těles.

Úloha

Experiment měření objemu pomocí odměrného válce

pomůcky	různé předměty, u kterých budeme měřit hustotu např. šroub, křída, lžička, mince, digitální váhy s přesností gramu, odměrný válec, voda, vytištěný pracovní list			
odhadovaný čas na přípravu	5 min.			
odhadovaný čas na provedení	25 min.			

- Do odměrného válce nalijte dostatek vody a запиšte si objem vody.
 $V_{\text{vody}} =$
- Do vody v odměrném válci ponořte těleso a rychle změřte objem vody s vloženým tělesem.
- $V_{\text{vody se šroubem}} =$
- $V_{\text{vody s křídou}} =$
- $V_{\text{vody se lžičkou}} =$
- $V_{\text{vody s mincí}} =$
- Odečtěte objem vody s tělesem a objem vody. Tím zjistíte objem ponořeného tělesa.
- Objemy těles запиšte do připravené tabulky.

těleso	šroub	křída	lžička	mince
objem V [cm ³ /ml]				

- Na digitálních vahách zjistěte hmotnost jednotlivých těles. Hmotnosti запиšte do připravené tabulky.

těleso	šroub	křída	lžička	mince
hmotnost m [g]				

- Vypočítejte hustotu těles tak, že hmotnost vydělíte objemem. Vše запиšte do připravené tabulky.

těleso	šroub	křída	lžička	mince
hustota ρ [$\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$]				

- U kterého tělesa jsme zjistili, **největší** hustotu?
- U kterého tělesa jsme zjistili, **nejmenší** hustotu?

Určete hustotu těles v základních jednotkách

- Objemy těles запиšte do připravené tabulky.

těleso	šroub	křída	lžička	mince
objem V [m ³]				

14. Na digitálních vahách zjistěte hmotnost jednotlivých těles. Hmotnosti запиšte do připravené tabulky.

těleso	šroub	křída	lžička	mince
hmotnost m [kg]				

15. Vypočítejte hustotu těles tak, že hmotnost vydělíte objemem. Vše запиšte do připravené tabulky.

těleso	šroub	křída	lžička	mince
hustota ρ [$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$]				

16. U kterého tělesa jsme zjistili, největší hustotu?
17. U kterého tělesa jsme zjistili, nejmenší hustotu?

Úloha

Porovnání hmotnosti těles o stejném objemu

pomůcky	tělesa různých materiálů a ideálně stejného objemu a tvaru (modelína, molitan, vosk, dřevo, kov, žulová kostka, čím rozličnější tím lépe), přesné, nejlépe, digitální váhy, pracovní list					
odhadovaný čas na přípravu	10 min.					
odhadovaný čas na provedení	15 min.					

1. Označte si připravená tělesa čísly. Označte je podle toho, které byste řekli, že se potopí do vody nejrychleji. Číslo jedna bude mít to, které by se potopilo nejsnáze. Vše zapíšete do tabulky. Pod tabulku zapíšete, na základě čeho jste se tak rozhodli.

č. tělesa	1.	2.	3.	4.	5.	6.
materiál tělesa						

2. Změřte objem všech těles a zapíšete jejich objem do připravené tabulky.

č. tělesa	1.	2.	3.	4.	5.	6.
objem [cm ³]						

3. Zjistěte hmotnost jednotlivých těles a zapíšete do připravené tabulky.

č. tělesa	1.	2.	3.	4.	5.	6.
hmotnost [g]						

4. Na základě zjištěného objemu (ten je přibližně stejný u všech) a zjištěné hmotnosti, opravte první tabulku, ve které jste odhadovali, že se těleso potopí nejrychleji a naopak nejpomaleji.

č. tělesa	1.	2.	3.	4.	5.	6.
materiál tělesa						

Úloha

Vajíčko ve vodě

pomůcky	čerstvé vajíčko, 3 skleničky, sůl, lžice, voda, vytištěný pracovní list
odhadovaný čas na přípravu	5 min.
odhadovaný čas na provedení	15 min.

Experiment lze využít i v modulu „Hydrostatický tlak a Archimédův zákon“.

Pokus s vajíčkem 1

- Nalijte vodu do skleničky.
- Opatrně vložte vajíčko do skleničky s vodou.
- Označte správné tvrzení:
 - Vajíčko kleslo ke dnu.
 - Vajíčko se drží u hladiny.
 - Vajíčko se vznáší mezi dnem a hladinou.
- Proč se vajíčko nachází ve vodě tam, kde je?
- Vaši/e odpověď/i запиšte.

Pokus s vajíčkem 2

- Do další skleničky nalijte vodu a rozmíchejte v ní velké množství soli.
- Opatrně vložte vajíčko do skleničky s vodou se solí.
- Označte správné tvrzení:
 - Vajíčko kleslo ke dnu.
 - Vajíčko se drží u hladiny.
 - Vajíčko se vznáší mezi dnem a hladinou.
- Proč se vajíčko nachází ve vodě tam, kde je? Vaši/e odpověď/i запиšte.
- Jaká vlastnost vody se změnila oproti pokusu s vajíčkem 1? Jak se vlastnost vody změnila? Vaši/e odpověď/i запиšte.

Pokus s vajíčkem 3

- Zkuste nalít vodu z prvního a druhého pokusu dohromady tak, aby se vajíčko vznášelo mezi dnem a hladinou. A to tak, aby bylo celé vajíčko pod vodou.

Jsou tato tvrzení pravdivá?

- Pokud se hustota vody zvýší např. rozpuštěním soli, pak se do vody ostatní tělesa potápí hůře.
 - ANO NE
- Pouze rozpuštěním soli ve vodě lze dosáhnout snížení hustoty vody.
 - ANO NE
- Hustota čerstvého vajíčka je větší než hustota vody, proto vajíčko klesne ke dnu.
 - ANO NE
- Hustota čerstvého vajíčka je stejná jako hustota mírně osolené vody (vajíčko se vznáší mezi hladinou a dnem)
 - ANO NE

Úloha

Výpočet hmotnosti truhly pomocí hustoty

pomůcky	vytištěný pracovní list
odhadovaný čas na přípravu	5 min.
odhadovaný čas na provedení	15 min.

- Představte si, že máte dřevěnou truhlu, jejíž rozměry (vnitřní) jsou šířka 25 cm, výška 20 cm, hloubka 25 cm. Hmotnost samotné truhly zanedbejte.
- Truhlu byste naplnili nejdříve vodou po té rostlinným olejem a poté zlatem poté železem. Odhadněte, s jakou/jakými náplněmi byste truhlu sami unesli. Svůj odhad запиšte.
- Truhlu naplněnou vodou
 UNESU NEUNESU.
- Truhlu naplněnou rostlinným olejem
 UNESU NEUNESU.
- Truhlu naplněnou zlatem
 UNESU NEUNESU.
- Truhlu naplněnou železem
 UNESU NEUNESU.
- Právě provedený odhad ověříme výpočtem.
- Pro výpočet hmotnosti bude nutné znát vnitřní objem truhly a hustoty jednotlivých náplní.
- Vypočítejte objem truhly v metrech krychlových a výsledek запиšte:
 $V =$
- V matematicko–fyzikálních tabulkách případně na internetu nalezněte hustotu vody, rostlinného oleje, zlata, železa. Jednotlivé hustoty запиšte:
 $\rho_{\text{voda}} =$
 $\rho_{\text{rostlinný olej}} =$
 $\rho_{\text{zlato}} =$
 $\rho_{\text{železo}} =$
- Vypočítejte jednotlivé hmotnosti naplněné truhly.
 Hmotnost truhly naplněné vodou:
 $m =$
 Hmotnost truhly naplněné rostlinným olejem:
 $m =$
 Hmotnost truhly naplněné zlatem:
 $m =$
 Hmotnost truhly naplněné železem:
 $m =$
- Zjištěné hmotnosti porovnejte s vaším odhadem.

Řešení úloh

Porovnávání hustoty

Přibližná hustota kapalin:

kapalina	hustota [$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$]
rostlinný olej	917
voda	998
saponát	1 027
med	1 400

Přibližná hustota pevných těles (látek):

těleso	hustota [$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$]
dřevo (dub)	630–700
PET láhev	915–935
žvýkačka	1 100–1 200
mosaz	8 400–8 750



Obr. 52 Řešení experimentu „porovnání hustot“

Teorie:

Pro většinu žáků je snadno pochopitelné, že některá tělesa ve vodě plavou a některá se ve vodě potápějí. Tento experiment rozšiřuje empiricky získané vědomosti o plování nebo potápění těles v různých kapalinách. Zda těleso bude plavat nebo se potopí v té konkrétní kapalině, závisí na jeho hustotě. Je-li jeho hustota větší než všechny kapaliny, klesne ke dnu. Je-li jeho hustota menší než kapalina s nejmenší hustotou (v experimentu rostlinný olej), pak těleso se potopí pouze pod tuto kapalinu.

Pedagogická poznámka:

V pokusu byly použity tyto tekutiny:

rostlinný olej: slunečnicový olej Vegetol gold, Glencore Agriculture Czech s. r. o.

saponát: Jar orange, distributor: Procter & Gamble Czech Republic s. r. o.

med: Med lesní, Medokomerc s. r. o.

Experiment měření objemu pomocí odměrného válce

S ohledem na různé materiály, nelze napsat řešení.

Porovnání hmotnosti těles o stejném objemu

Řešení experimentu nelze jednoduše zapsat. Měl by stačit soupis látek s jejich hustotou.

látka	hustota [$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$]
dřevo (balsa)	100–300
dřevo (jasan)	560–640

látka	hustota [$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$]
dřevo (dub)	630–720
kámen (žula)	2 600

korek	150–200	led	917
lidské tělo po nadechnutí	985	lidské tělo průměr	965
lidské tělo po vydechnutí	945	pájka	8 170–11 340
papír	700–1 100	porcelán	2 100–2 400
PVC	1 200–1 500	sklo	2 400–2 800
sůl kuchyňská	2 160	vosk	950–980
zlato	7 870	železo	2 600–2 900

zdroj: <http://www.converter.cz/tabulky/hustota-pevne.htm>

Teorie:

Experiment vychází ze základního předpokladu a to, že žáci z praxe tuší, že čím je větší hmotnost tělesa, tím snáze se potopí pod hladinu vody. V tomto experimentu je možné zanedbat rozdíl v odporu prostředí díky přibližně stejnému tvaru tělesa.

Budeme-li uvažovat, že těleso má objem ponořené části V , hustotu ρ_T , kapalina pak ρ_K a tíhové zrychlení je g , můžeme psát, že na těleso působí tíhová síla $m \cdot g$ a proti ní vztlaková síla F_{vz} . Výsledná síla je pak $F = m \cdot g - V \cdot \rho_K \cdot g$. Těleso se tedy pohybuje se zrychlením $m \cdot a = m \cdot g - V \cdot \rho_K \cdot g$,
 $a = g - \frac{\rho_K}{\rho_T} \cdot g$.

Čím větší hustota tělesa, tím rychleji se těleso potopí, pokud zanedbáme odpor prostředí. Vycházíme z toho, že větší zrychlení znamená rychlejší překonání vzdálenosti ke dnu podle

$$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2, t = \sqrt{\frac{2 \cdot s}{a}}$$

Vajíčko ve vodě

Teorie:

Hustota vody je přibližně $1\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. Hustota čerstvého vajíčka je o něco málo větší. Tedy pokud je vloženo čerstvé vajíčko do sladké vody, pak vajíčko klesne ke dnu. Situace se změní, pokud změním hustotu kapaliny, do které je vkládáno vajíčko. Pokud se přimíchá do vody dostatečné množství soli, hustota vody vzroste natolik, že se vajíčko do vody nepotopí. Po promíchání sladké vody a vody se solí ve správném poměru lze dosáhnout hustoty vody takové, že vajíčko se bude vznášet mezi hladinou a dnem.

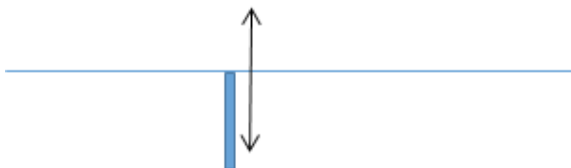
Je nutné mít čerstvé vajíčko. Ve vajíčkách odleželých je větší množství plynu, který způsobí, že průměrná hustota vajíčka by byla menší než hustota vody.

7.5 Čočky a zobrazování čočkami

Tato část bude věnována čočkám a zobrazování pomocí čoček. Jako problematické bylo učiteli často zmiňováno, že nemají dostatek materiálního vybavení. To znemožňuje, aby si žáci dané téma dostatečně „osahali“. Šetření TIMMS ukázalo, že v této oblasti žáci selhávají u úloh, které se týkají toho, jak vlastně obraz vzniká, jakou má intenzitu, jakou roli hraje přsvícení či nedosvícení apod. Rozbor učebnic pak napověděl, že těžiště výkladu leží v popisu jednotlivých druhů čoček a následné konstrukci obrazu pomocí tří základních paprsků a diskuzi jeho vlastností (vzpřímený, zdánlivý, ...).

Dle našeho názoru je velkou chybou, pokud se výklad geometrické optiky smrskne na kreslení čar podle několika geometrických pravidel (hledání obrazů u čoček).

Často tak narazíme například na to, že student umí nakreslit čáry a sestavit obraz předmětu, absolutně ale netuší, proč a jak je obraz vytvořen. V nejklaštější podobě to vidíme u oblíbené úlohy „Co se stane s vytvořeným obrazem, když neprůhledným objektem (třeba kartičkou papíru) zakryjeme polovinu čočky?“:



Zmizí obraz? Bude vidět jen polovina? Levá? Pravá? Neschopnost odpovědět na tuto fundamentální otázku souvisí s tím, že se obvykle nerozebírá, proč vlastně čočky fungují tak jak fungují a jak vzniká obraz.

Proto je větší textová část věnovaná právě tomu, co vlastně čočky dělají a proč zobrazují to, co zobrazují. Samotnou geometrickou konstrukci obrazu pomocí tří paprsků, typologii čoček a další v učebnicích podrobně probíraná témata modul neobsahuje.

Zobrazování a princip čoček

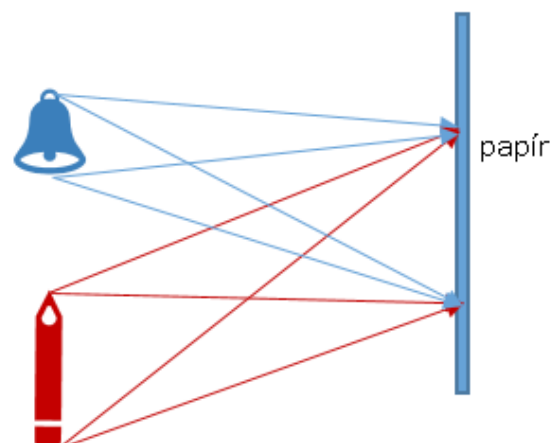
Z rozhovorů s učiteli i analýzy výsledků mezinárodních srovnávání TIMMS bylo jako kritické vytipováno místo „Zobrazování čočkami“. Kde hledat příčiny problematičnosti právě tohoto místa? Jsme přesvědčeni, že jedním z důvodů je značná formálnost výkladu zobrazování čočkami (ale i zrcadly).

Jak žáci chápou čočku poté, co je jim vše klasicky vyloženo ve škole? Je to pro ně čára s šipkami ven (spojka) či dovnitř (rozptylka). Tahle čára nějak polomagicky láme tři paprsky někam (žáci s lepší pamětí si budou pamatovat i kam se láme který význačný paprsek).

Pro správné pochopení funkce čočky a dalších optických nástrojů je nutný výklad toho, jak vlastně vzniká obraz, který vnímáme.

To, co vnímáme jako obraz objektů, jsou od těchto objektů **odražené** světelné paprsky, které dopadají na sítnici v našem oku. Proč ovšem nevznikne například obraz na listu papíru, který připevníme na zeď? Proč zde nevidíme protější stěnu, žáky ve třídě apod.? Paprsky odraženého světla od předmětů sem přece dopadají.

Předměty (objekty) odráží paprsky do různých směrů, proto jsou také z různých směru viditelné. Na každé místo na papíru tak dopadají paprsky odražené z mnoha různých směru od mnoha různých objektů:



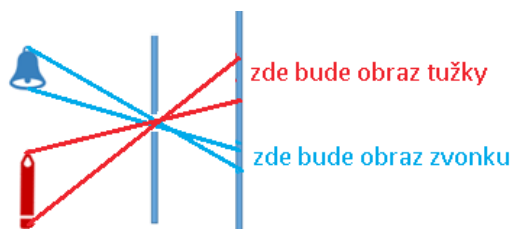
Obr. 53 Odraz světla od předmětů na stínítku

Na každém místě papíru je pak vlastně zobrazeno všechno a jednotlivé objekty tak neuvidíme.

Pro vytvoření obrazu ale potřebujeme, aby na jednom místě papíru byl zobrazen pouze jeden objekt (aby různé body na objektu odpovídaly různým bodům na papíře). Nejjednodušším způsobem, jakým tohoto dosáhnout je **dírková komora**.

Dírková komora

Jak bude zobrazení vypadat s clonou s malou dírkou?



Obr. 54 Princip dírkové komory

Paprsky odražené od tužky se „nemíchají“ s paprsky od zvonku a na stínítku tak vznikne, na rozdíl od situace bez clony s dírkou, obraz zvonku a tužky.

Nejsnáze je možné si vyzkoušet, jak funguje dírková komora s klasickým či digitálním fotoaparátem se snímatelným objektivem – odejměte objektiv a otvor, který po objektivu zůstane překryjte černým papírem, do kterého jehlou udělejte malou díрку. Další možností je použít krytku na fotoaparát a díрку sem vyvrtat:



Obr. 55 Dírková komora z klasického fotoaparátu

Dírková komora z klasického fotoaparátu, zdroj: <https://contrastly.com/pinhole-camera/>.

Fotoaparátem pak normálně fotíte. Výsledek může dopadnout např. takto:



Obr. 56 Fotografie dírkovou komorou

Fotografie dírkovou komorou, zdroj: <https://contrastly.com/pinhole-camera/>.

Pokud máte učebnu nebo nějakou místnost s možností velmi dobrého zatemnění, je možné vytvořit dírkovou komoru z celé místnosti. Zatemněte okna a jedno přelepte kartonem či nějakým papírem, který dovnitř nebude propouštět světlo (obr. 57).

Paprsky přicházející z venku se budou chovat podobně jako na obrázku zobrazujícím princip dírkové komory a výsledný obraz může být ohromující (obr. 58).

Dírková komora v místnosti zdroj: <https://www.youtube.com/watch?v=qBt8ZERV1Q>.

Jaké jsou nevýhody dírkové komory? Dírkou prochází málo světla a abychom vůbec obraz viděli, musíme pracovat ve tmě. Zvětšení dírky pak vede k rozostření obrazu. V objektivu fotoaparátu tak musí být něco, co funguje lépe.

Čočky

Jsou vhodně tvarované objekty z pro světlo prostupných materiálů – skla, plastu apod. Světlo se z bodu do bodu šíří tak, aby vzdálenost překonalo za minimální (extremální, většinou minimální) čas – takzvaný Fermatův princip. Nejkratší vzdálenost mezi dvěma



Obr. 57 Zatemněné okno s dírou v cloně



Obr. 58 Dírková komora v místnosti

body ve vzduchu je přímka. Ale když je mezi nimi kus skla?

Paprsek se **nebude** pohybovat po červené – nejkratší – dráze, ale po zelené, kterou urazí nejrychleji (srov. obr. 59). Zrychlí si totiž cestu tím, že „pomalejším“ prostředím (sklem) urazí kratší dráhu za cenu mírného prodloužení dráhy, kterou však proletí „rychlejších“ prostředím (vzduchem).

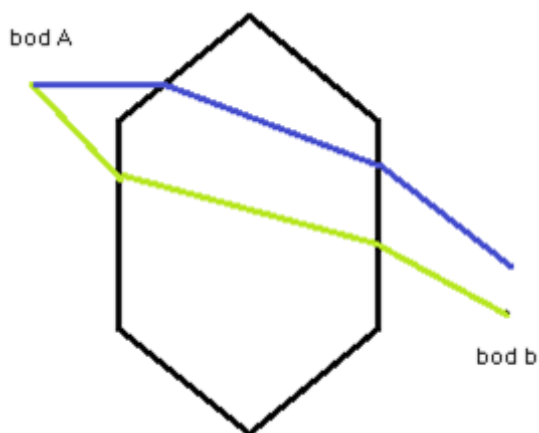
Jaký tvar ale zvolit, aby se všechny paprsky vycházející z jednoho bodu opět za sklem



Obr. 59 Průchod světla sklem

v jednom bodě setkaly? V obrázku výše se modrý paprsek vpravo od skla se zeleným rozhodně nepotkává.

Co obdélník trochu zalomit?



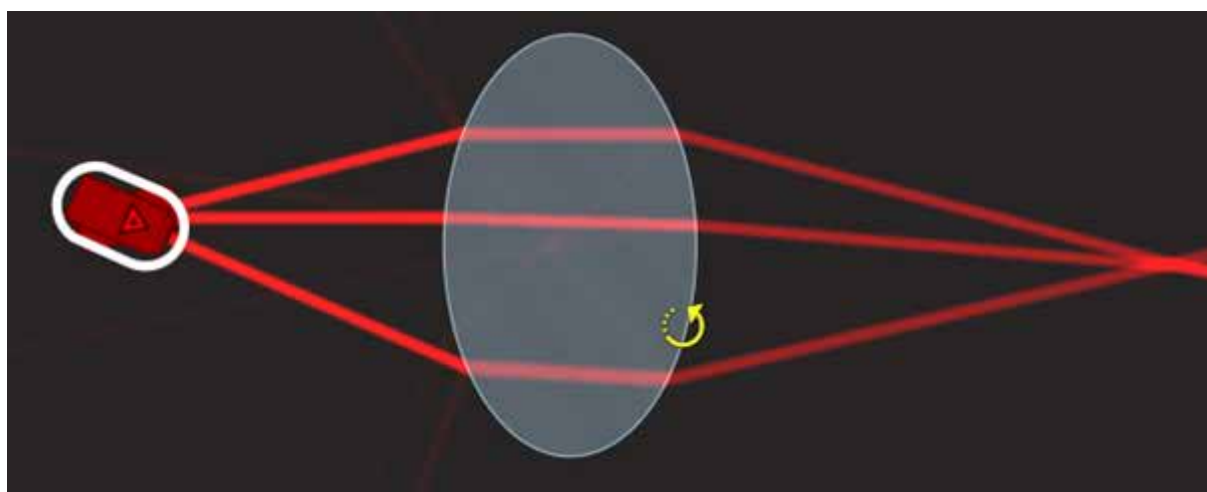
Obr. 60 Průchod světla hranolem

Je to již trochu lepší. Modrý paprsek se již přibližuje. Kdybychom v zalomování pokračovali, hrany se postupně zakulatí a dostaneme spojnou čočku (obr. 61).

Máme tedy zařízení, které zajistí, že paprsky vycházející z jednoho bodu se za čočkou zase do jednoho bodu spojí. Čočka je tak jakýsi „koncentrátor“ paprsků. Tímto jedním bodem mohou procházet i paprsky z jiných míst zobrazovaného objektu. Tyto ale budou „přesvíceny“ paprsky vycházejícími z jednoho bodu.

V našich úvahách poněkud zjednodušíme samotné vytvoření obrazu: uvažujeme, že bod, do kterého dopadá více paprsků z jednoho bodu vytvoří obraz tohoto bodu. Při bližším zkoumání bychom museli využít i poznatky z vlnové optiky, interference paprsků apod.

Čočka umožní opět vytvářet obraz předmětů. Na rozdíl od dírkové komory vytváří obraz bodu více paprsků. Můžeme tedy očekávat, že obraz bude světlejší.

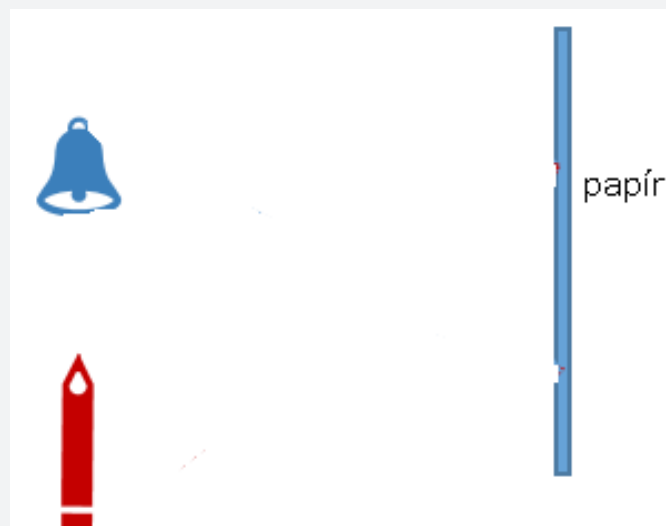


Obr. 61 Průchod světla čočkou

Úloha

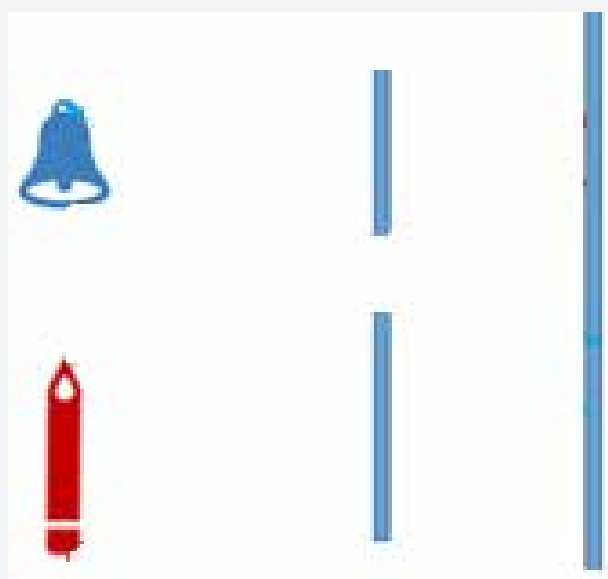
Experiment dírková komora

Představte si následující scénu:



Obr. 62 Dokreslení paprsků z předmětu na stínítko

1. Dokreslete do scény několik paprsků vycházejících z horní a spodní strany zvonku a tužky.
2. Zobrazí se na papíru obraz těchto předmětů?
3. Jak změní situaci umístění překážky s otvorem mezi papír a předměty:



Obr. 63 Dokreslení paprsků s překážkou v níž je otvor

4. Dokreslete opět několik paprsků a odpovězte, zda dojde k vytvoření obrazu předmětů.

Úloha

Dírková komora z fotoaparátu

pomůcky	digitální (lze nekomfortně i s klasickým) fotoaparát s odnímatelným objektivem
odhadovaný čas na přípravu	10 min
odhadovaný čas na provedení	15 min

1. Vyfoťte libovolný snímek.



Obr. 64 Fotografie s objektivem

2. Sejměte z fotoaparátu objektiv a vyfoťte jakýkoli záběr.
3. Popište, co na snímku vidíte (nevidíte) a proč.
4. Obalte celé tělo fotoaparátu alobalem a do míst, kde je přibližně střed prstence šachty pro objektiv, udělejte například špendlíkem malou díрку.
5. Znovu vyfoťte podobnou scénu jako předtím:



Obr. 65 Fotografie bez objektivu

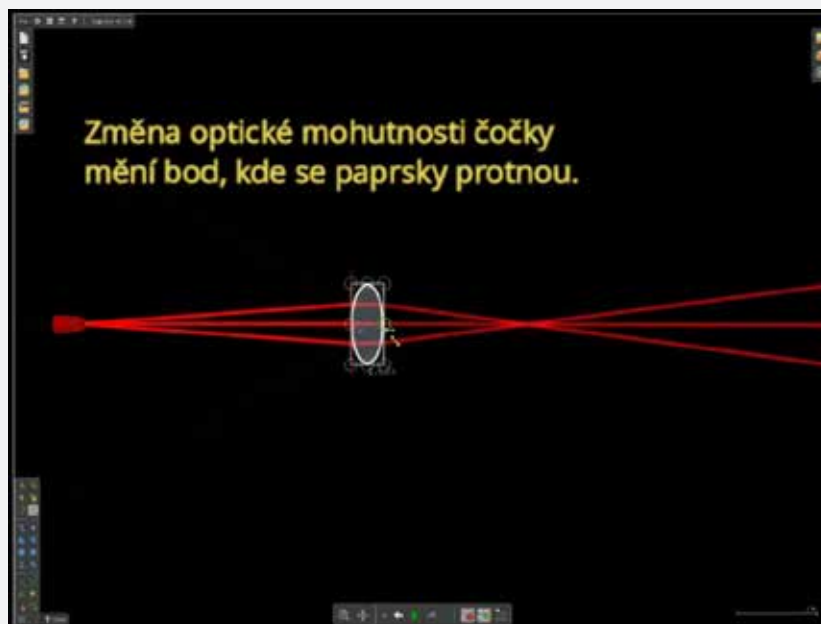
6. Odpovězte, v čem se snímky liší.

Úloha

Videoexperiment Čočky v simulačním SW Algodoo

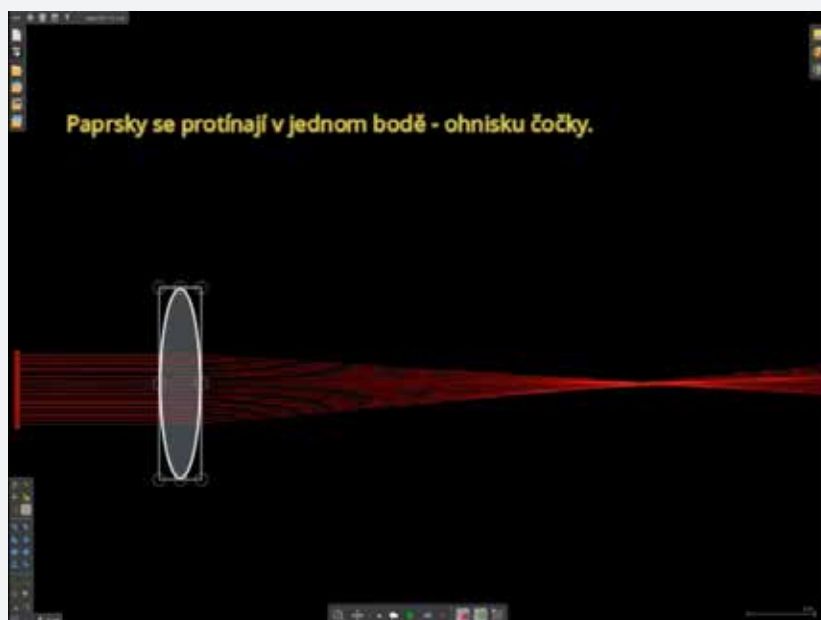
Video ukazuje chování spojné čočky v software Algodoo. Ukazuje spojení laserových paprsků do jednoho bodu a posunutí bodu, kde se paprsky protnou v závislosti na geometrických vlastnostech čočky.

Dále to, že různým bodům, ze kterých paprsky vycházejí, odpovídají různé body, kde se protnou.



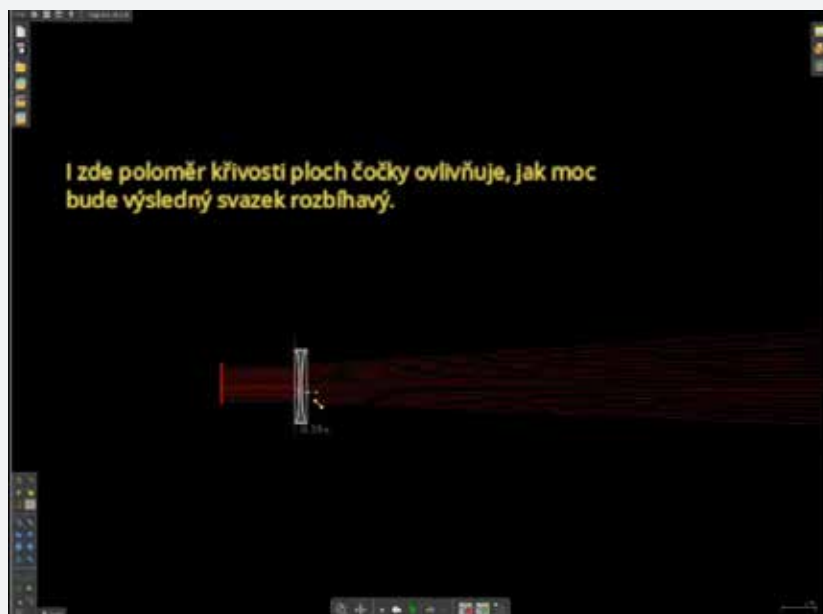
Obr. 66 Snímek z videoexperimentu "čočky v simulačním programu Algodoo"

Ohnisko spojné čočky s rovnoběžnými paprsky



Obr. 67 Ohnisko spojné čočky s rovnoběžnými paprsky

Rozptylka v SW Algodoo



Obr. 68 Rozptylka v simulačním programu Algodoo

Úloha

Videoexperiment zakrývání spojné čočky – obraz okna

Experiment ukazuje zobrazení předmětu (tady okna) spojnou čočkou. V levé části obrázku je jasný ostrý obraz. V pravé části je více než polovina čočky překryta papírem. Obraz je stále jasně viditelný, ale tmavší – tvoří ho menší množství paprsků.



Obr. 69 Zobrazení předmětu spojnou čočkou a zobrazení předmětu spojnou čočkou z části zakrytou

Úloha

Videoexperiment zakrývání spojně čočky – USB lampa

Spojné čočka promítá na zeď LED z USB lampy – šest jasných bodů. Při zakrývání čočky nezmizí část obrazu, jak si drtivá většina dotázaných myslí, ale sníží se pouze jas bodů.



Obr. 70 Zobrazení bodových zdrojů světla spojnou čočkou s a bez částečného zakrytí čočky

Řešení úloh

Experiment dírková komora

Viz teorie.

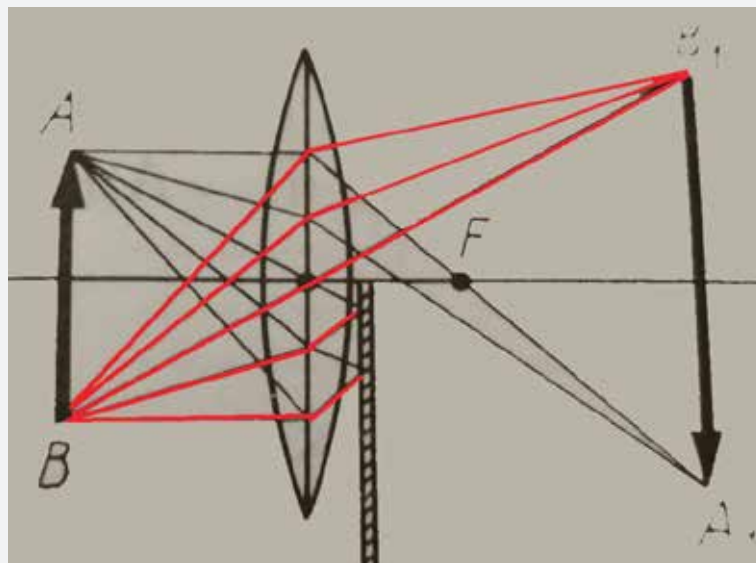
Dírková komora z fotoaparátu

Na prvním snímku bez objektivu nebyly vidět žádné detaily. Do všech míst snímku přicházelo odražené světlo z celé scény a bylo tak všude vidět „vlastně všechno“ a tedy „vlastně nic“. U fotoaparátu s objektivem se o zobrazení stará optická soustava čoček tvořících objektiv. Ten se stará vlastně o to, aby na jednotlivá místa na snímku dopadalo světlo odražené jen od jednoho objektu (více paprsků odražených od jednoho místa scény se na snímku musí zobrazit do jednoho bodu).

Dírka v alobalu zabezpečí právě to, aby na jedno místo na snímku dopadalo světlo jen z jednoho bodu scény.

Čím větší je dírka v alobalu tím více světla na film (čip) dopadne. Snímek je světlejší, zhoršuje se ovšem ostrost snímku. Větší otvor totiž hůře zamezí tomu, aby světlo z různých bodů předmětu dopadalo do stejného místa na stínítku (filmu/čipu).

Zakrývání čočky



Obr. 71 Schéma průchodu paprsků z části zakrytou spojnou čočkou

Červené paprsky zobrazují spodní bod obrazu – bod B do bodu B_1 . Pokud by čočka nebyla zakryta, pak by do bodu B_1 dopadly i spodní dva červené paprsky. Menší množství paprsků znamená, že do bodu B_1 nebude dopadat tolik světla, jako kdyby byla čočka nezakrytá.

7.6 Hydrostatický tlak a Archimédův zákon

Heuréka! údajně vzkřikl Archimédes, když si ve vaně všiml, že po ponoření těla stoupla ve vaně hladina vody, a uvědomil si tak, že může určit objem koruny a zvážením a určením hustoty koruny zjistit, zda do zlaté koruny

bylo něco přimíšeno, nejspíše stříbro. Tlak a vzlakovou sílu můžeme v běžném životě velmi snadno pozorovat, žáci by tak měli mít předpoklady související fyzice dobře rozumět. Modul uvádí některé snadné experimenty a pracovní listy.

Úloha

Videoexperiment Archimédův zákon – potápění modelíny

Videoexperiment ukazuje na siloměru zavěšené těleso – plastelínový váleček – při ponořování do vody. Komentována je změna výsledné síly, která na těleso působí.

Archimédův zákon – potápění modelínového válečku

Pomůcky	siloměr, odměrný válec, voda, modelína, provázek, vytištěný pracovní list
odhadovaný čas na přípravu	10 min.
odhadovaný čas na provedení	15 min.

- Nalijte do odměrného válce vodu.
- Napište hodnotu na odměrném válci, kolik vody jste do něj nalili. Nezapomeňte napsat jednotky.
 $V_1 =$
- Přivažte na provázek modelínu. Je nutné vytvořit z modelíny takový tvar, který se vejde do odměrného válce.
- Zvedněte siloměr s přivázanou modelínou tak, aby modelína volně visela.
- Napište hodnotu tíhové síly modelíny na siloměru. Nezapomeňte napsat jednotky.
 $F_g =$
- Modelínu přivázanou na siloměr, ponořte do vody v odměrném válci.
- Zapište hodnotu na odměrném válci. Nezapomeňte napsat jednotky.
 $V_2 =$
- Zapište hodnotu, kterou ukazuje siloměr. Nezapomeňte napsat jednotky.
 $F =$
- Ukazuje siloměr menší hodnotu, pokud je modelína potopená ve vodě?
 ANO NE
- Určete, o kolik ukazuje siloměr menší hodnotu. Odečtete je od sebe a výsledek zapište
výsledek odečítání F a $F_g =$.
- Odhadněte, proč siloměr ukazuje jinou hodnotu, pokud měříme síly, kterou zavěšená modelína působí na siloměr ve vzduchu a ve vodě. Svůj odhad zapište/načrtněte.
- Vypočítejte sílu, která modelínu ve vodě nadnáší. Tuto sílu popisuje Archimédův zákon. Ten zní: „Těleso ponořené do kapaliny je nadlehčováno vztlakovou silou, jejíž velikost se rovná tíze kapaliny stejného objemu, jako je objem ponořeného tělesa.“
Pro vztlakovou sílu platí tedy vztah:
 $F_{vz} = V \cdot \rho \cdot g$.
Stačí tedy znát objem ponořené části tělesa, hustotu vody a g .
Hustotu vody můžeme nalézt v tabulkách a její přibližná hodnota je $\rho = 1\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.
Hodnota g je $g \cong 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.
Objem modelíny budeme znát po odečtení objemu vody v odměrném válci po potopení modelíny a před potopením modelíny. Nezapomeňte napsat jednotky.
 $V_2 - V_1 =$.
- Je zapotřebí převést jednotky objemu odměrného válce na základní jednotky (metry krychlové). Převedte a zapište:
 $V_2 - V_1 =$ m³.

14. Dosad'te do vztahu pro vztlakovou sílu a výsledek zapište:

$$F_{\text{vz}} = \dots$$

15. Rozhodněte, zda jsou tvrzení pravdivá:

Měla by se výsledná hodnota vztlakové síly rovnat rozdílu sil F a G ?

ANO NE

Shodují se výsledky vztlakové síly a rozdílu sil F a G ?

ANO NE

Úloha

Měření hydrostatického tlaku – trychtýř

Pomůcky	trychtýř, nejlépe průhledná nádoba s vodou (musí se do ní vejít trychtýř), balónek
odhadovaný čas na přípravu	5 min.
odhadovaný čas na provedení	20 min.

1. Přes celou širší část trychtýře navlékněte balónek, tak aby vytvořil „membránu“ jako na obrázku. Z balonku ustříhnete úzkou část, pak jde balónek navléknout snáze.



Obr. 72 Navlečený balónek na trychtýř

2. Odhadněte, co se stane s navlečeným balónkem, který potopíte i s trychtýřem na dno, tak aby byl trychtýř celý potopený. Svůj odhad запиšte/načrtněte!
3. Potopte celý trychtýř do vody i s membránou a pozorujte výsledek. Výsledek запиšte/načrtněte!
4. Odhadněte, jak se situace změní, pokud trychtýř s membránou budete potápět tak, aby horní užší část byla vždy nad vodou. Svůj odhad запиšte/načrtněte!
5. Potopte trychtýř tak, aby nebyla potopená užší část trychtýře. Výsledek запиšte/načrtněte!
6. Odhadněte, co se stane s navlečeným balónkem, pokud potopíte celý trychtýř a otočíte trychtýř kolmo k zemi úzkým koncem dolů. Svůj odhad запиšte/načrtněte!
7. Potopte trychtýř s navlečeným balónkem tak, aby byla širší část s balónkem natočená kolmo k zemi. Výsledek запиšte/načrtněte!

Úloha

Měření hydrostatického tlaku

Pomůcky	PET-láhev s širším hrdlem, nůžky, potravinářská fólie, gumička, voda, lihový fix, podnos, plná láhev 2 l, potravinářské barvivo, pravítko
odhadovaný čas na přípravu	10 min.
odhadovaný čas na provedení	10 min.

1. Ustříhnete PET-lahvi dno.
2. Pokud má PET-láhev víčko, odšroubujte jej.
3. Na PET-láhev udělejte značky ve výšce 5 cm a 25 cm od hrdla.
4. Přetáhněte přes hrdlo láhve folii, aby byla rovná a hladká a neprotrhla se. Pro jistotu ji upevněte gumičkou.



Obr. 73 PET-lahev s folií na hrdle

5. Otočte láhev hrdlem dolů.
6. Odhadněte, co se bude dít s potravinářskou fólií, pokud do PET-láhve ustříženým dnem vzhůru nalijete vodu do výšky 5 cm. Svůj odhad запиšte/načrtněte.
7. Do PET-láhve nalijte ustříženým dnem vodu do výšky 5 cm obarvené vody a výsledek запиšte/načrtněte.
8. Odhadněte, co se bude dít s potravinářskou fólií, pokud do PET-láhve nalijeme dalších 20 cm vody. Svůj odhad запиšte/ načrtněte
9. Do PET-láhve nalijte dnem dalších 20 cm obarvené vody a výsledek запиšte/načrtněte.
10. Rozhodněte, zda jsou tvrzení správná.
Pokud bychom nebyli omezení velikostí PET-láhve, pak by potravinářská fólie snesla jakékoli množství vody.
 PRAVDA NEPRAVDA
Vyboulení potravinářské fólie závisí na výšce vody nad ní.
 PRAVDA NEPRAVDA
Kdybychom použili namísto vody rostlinný olej, budou možné následky na potravinářskou fólii stejné jako při použití vody.
 PRAVDA NEPRAVDA
Kdybychom použili namísto vody med, budou možné následky na potravinářskou fólii stejné jako při použití vody.
 PRAVDA NEPRAVDA

Úloha

Měření vztlakové síly krabičky plněné různými látkami

Pomůcky	obal od kinder vajíčka, siloměr, provázek, písek, modelína, vosk, odměrný válec, do kterého se vejde vnitřek kinder vajíčka, voda, sekundové lepidlo, vytištěný pracovní list
odhadovaný čas na přípravu	10 min.
odhadovaný čas na provedení	20 min.

- Pomocí sekundového lepidla připevněte kousek provázku (cca 15 cm) ke kinder vajíčku. Nechte chvíli zaschnout lepidlo.
- Přibližně do poloviny odměrného válce nalijte vodu.
- Do kinder vajíčka vložte modelínu. Nejlépe tak, aby vyplnila celý objem vajíčka.
- Vezměte siloměr a zavěste na něj pomocí provázku kinder vajíčko s modelínou a zjistěte jeho tíhu (zapište hodnotu na siloměru).
 $F_{G \text{ s modelínou}} =$
- Kinder vajíčko s modelínou celé ponořte do vody tak, aby bylo možné na siloměru zjistit hodnotu, kterou ukazuje. Velikost síly po ponoření vajíčka zapište.
 $F_1 =$
- O kolik je síla větší F_G než síla F_1 ? Výsledek zapište.
Rozdíl sil $F_{G \text{ s modelínou}} - F_1 =$
- Do kinder vajíčka namísto modelíny vložte písek do obou částí vajíčka.
- Zjistěte tíhu kinder vajíčka s pískem (zapište hodnotu na siloměru).
 $F_{G \text{ s pískem}} =$
- Kinder vajíčko s pískem celé ponořte do vody tak, aby bylo možné na siloměru zjistit hodnotu, kterou ukazuje. Velikost síly po ponoření vajíčka zapište.
 $F_2 =$
- O kolik je síla větší F_G než síla F_2 ? Výsledek zapište.
Rozdíl sil $F_{G \text{ s pískem}} - F_2 =$
- Do kinder vajíčka namísto písku vložte vosk, tak aby vyplnil celý objem vajíčka.
- Zjistěte tíhu kinder vajíčka s voskem (zapište hodnotu na siloměru).
 $F_{G \text{ s voskem}} =$
- Kinder vajíčko s voskem celé ponořte do vody tak, aby bylo možné na siloměru zjistit hodnotu, kterou ukazuje. Velikost síly po ponoření vajíčka zapište.
 $F_3 =$
- O kolik je síla větší F_G než síla F_3 ? Výsledek zapište.
Rozdíl sil $F_{G \text{ s voskem}} - F_3 =$
- Porovnejte všechny tři rozdíly sil. Jsou přibližně stejně velké?
 ANO NE
- Odpovězte na otázky:
Jak se nazývá síla, kterou je nadlehčováno těleso ponořené do kapaliny?
a) nadlehčovací
b) ulehčovací
c) vztlaková
d) tlaková
- Najděte vztah pro její výpočet a vztah zapište.
- Záleží velikost této síly na tom, co bude uvnitř kinder vajíčka?
 ANO NE

Řešení úloh

Videoexperiment Archimédův zákon – potápění modelíny

Teorie:

Na jakékoliv těleso, které je v klidu, v kapalině působí minimálně dvě síly. Tíhová síla, svise dolů a vztlaková síla, která míří přesně na opačnou stranu. Pokud je větší tíhová síla, těleso klesá ke dnu. Pokud je větší vztlaková síla, těleso plave na hladině. Pokud jsou stejně velké, pak těleso ani neklesá ani nestoupá a může se volně pohybovat (působením další „přídavné“ síly, která je nutná kvůli překonání odporu prostředí. V případě bez odporu by se těleso mohlo volně pohybovat i bez této síly.).

Jakékoliv těleso je kapalině nadlehčováno. Velikost vztlakové síly lze vypočítat pomocí vztahu pro vztlakovou sílu $F_{vz} = V \cdot \rho \cdot g$, kde V je objem ponořené části tělesa, ρ je hustota kapaliny, do které se potápí těleso, a g je tíhové zrychlení. Tento vztah je důsledek rozdílu tlakových sil na spodní a horní část tělesa. Ve spodní části je větší hydrostatický tlak než v horní. Větší je tak i síla působící na spodní část tělesa. Rozdíl těchto sil nazýváme právě vztlakovou silou. Vztlakovou sílu lze také experimentálně ověřit videoexperimentem.

Archimédův zákon: Těleso ponořené do kapaliny je nadlehčováno vztlakovou silou, jejíž velikost se rovná tíze kapaliny stejného objemu, jako je objem ponořeného tělesa.

Měření hydrostatického tlaku – trychtýř

- Celý potopený trychtýř s balónkovou membránou:
Pokud je trychtýř potopený celý s balónkem se nestane nic. Voda se nachází po obou stranách balónku. Hydrostatická tlaková síla, a tedy i tlak je z obou stran balónku stejný.
- Z části potopený trychtýř s balónkovou membránou:
Na balónek bude ze spodu působit větší tlak, a tedy balónek vytvoří dutinu.
- Celý potopený trychtýř s balónkem kolmo k zemi:
Pokud je trychtýř potopený celý, s balónkem se nestane nic. Voda se nachází po obou stranách balónku. Hydrostatická tlaková síla, a tedy i tlak je z obou stran balónku stejný.

Pedagogická poznámka:

Upozorněte žáky na to, že případné vychýlení balónkové membrány nebude velké, nicméně je pozorovatelné, popř. hmatatelné.

Žáky také upozorněte na to, že pracují s vodou a je tedy možné, že s velkou pravděpodobností budou mírně mokří.

Čím větší trychtýř, tím bude vychýlení balónkové membrány větší. Čím větší trychtýř, tím je nutná i větší nádoba.

Měření hydrostatického tlaku

Teorie:

Existenci hydrostatického tlaku žáci tuší. Ví, že když se potopí do větší hloubky, vnímají bolest v uších. Empiricky tedy jednu veličinu, na které je hydrostatický tlak závislý, znají. Velikost hydrostatického tlaku závisí na hloubce pod hladinou, hustotě kapaliny a tíhovém zrychlení. Vztah pro výpočet je $p_h = h \cdot \rho \cdot g$. Na potravinářské fólii lze jednoduše ukázat, že její prohnutí se bude zvětšovat s přibývajícím výškou kapaliny nad fólií.



Obr. 74 PET-lahev s folií na hrdle a tekutinou uvnitř lahve

Pedagogická poznámka:

Je vhodné zkontrolovat u dětí připevnění fólie.

Dále je vhodné experiment předvádět nad nějakou nádobou, kam může v případě uvolnění fólie voda vytéct.

Měření vztlakové síly krabíčky plněné různými látkami

Teorie:

Pokus zaměřený na vztlakovou sílu, kterou lze určit pomocí vztahu $F_{\text{vztlaková}} = V \cdot \rho \cdot g$, kde g je v naší zeměpisné šířce tíhové zrychlení $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, ρ je hustota kapaliny, do které je těleso ponořeno, a V je objem ponořené části tělesa. V tomto pokusu bylo ponořeno Kinder vajíčko s různými výplněmi. Velikost vztlakové síly lze ovlivnit jen několika způsoby, a to změnou zeměpisné šířky (pro tento experiment by změna byla zanedbatelně malá) nebo změnou kapaliny, do které je těleso potápěno (to se v experimentu nedělo) nebo změnou objemu tělesa (objem Kinder vajíčka zůstal stále stejný). Rozdíl tíhové síly a síly ukazující siloměr s ponořeným tělesem bude stále stejný, vzhledem ke stále stejné vztlakové síle.

7.7 Pascalův zákon a hydraulická zařízení

S hydraulickými zařízeními studenti běžně přicházejí do styku. Principu jejich funkce není těžké porozumět, ale Pascalův zákon je někdy vykládán chybně, či s nepřesnostmi (snad kvůli nerozlišování objemových a plošných sil). O jisté vyjasnění se tak bude snažit tento modul.

Častá nepřesnost spočívá v tom, že se Pascalův zákon vykládá tak, že všude v kapalině je hydrostatický tlak stejný. To však není pravda. Tlak závisí například na hloubce potopení v nádobě.

To, co je stejné, je **změna** tlaku všude v nádobě při působení plošné síly (síla tlačení na píst apod.).

Úloha

Pascalův zákon – směr působení

Pomůcky	PET láhev se širokým hrdlem, ve které budou udělány přibližně v polovině výšky láhve přibližně milimetrové otvory rovnoměrně po celém obvodu, PET láhev, ve které budou náhodně otvory přibližně milimetrové, nádoba na vodu, velká podložka, na kterou může téct voda/dřez, párátko, nálevka
odhadovaný čas na přípravu	10 min.
odhadovaný čas na provedení	10 min.

1. Vezměte PET láhev s **otvory** po obvodu ve **stejně výšce**.
2. Postavte PET láhev na rovný povrch na podložku/venku na zem.
3. Nalijte do PET láhve **těsně pod** nalezené otvory vodu.
4. Odhadněte, jakým směrem bude vytékat voda z děr po obvodu PET láhve poté, co dolijete vodu až po hrdlo. Svůj odhad запиšte/zakreslete.
5. Odhadněte, do jakého směru (resp. z jakého otvoru) bude vytékat voda větší rychlostí. Svůj odhad запиšte/zakreslete.
6. Nalijte do PET láhve vodu až po hrdlo a pozorujte vytékající vodu. Vaše pozorování запиšte/zakreslete.
7. Rozhodněte, zda jsou pravdivá tato tvrzení:
8. Voda vytéká jen z poloviny děr.
 ANO NE
9. Voda vytéká ze všech otvorů.
 ANO NE
10. Voda vytéká ze všech otvorů stejně rychle, což lze pozorovat tím, že voda dostříkne ze všech děr stejně daleko.
 ANO NE
11. Vezměte PET láhev s náhodně vytvořenými otvory.
12. Nalijte do PET láhve vodu až po hrdlo a uzavřete ji víčkem.
13. Voda vlivem atmosférického tlaku nepoteče otvory ven.
14. Odhadněte, z jakého otvoru bude voda proudit větší rychlostí? Svůj odhad запиšte/zakreslete.
15. PET láhev stiskněte a pozorujte, jakým otvorem voda vytéká větší rychlostí. Svůj odhad запиšte/zakreslete.
16. PET láhev stiskněte **menší** silou a pozorujte, jakým otvorem vytéká voda větší rychlostí. Svůj odhad запиšte/zakreslete.
17. Rozhodněte, zda jsou pravdivá tato tvrzení:
Voda vytéká ze všech otvorů po stisknutí stejnou rychlostí.
 ANO NE
Jakmile na PET láhev působíme silou uvnitř kapaliny vzroste tlak, který se projeví tak, že voda vytéká ze všech otvorů stejnou rychlostí.
 ANO NE
Pokud na uzavřenou PET láhev s otvory budeme působit libovolně velkou silou, voda **nebude** vytékat.
 ANO NE

Úloha Pascalův zákon – akvárium

Pomůcky	vytištěný pracovní list
odhadovaný čas na přípravu	5 min.
odhadovaný čas na provedení	15 min.



Obr. 75 Akvárium 1

1. Dobře se podívejte na obrázek AKVÁRIUM 1, na kterém je akvárium a označené čtyři ryby. Jsou označeny tak, že ryba číslo jedna je nejnižší a ryba číslo čtyři je nejvýše.
2. Vyberte z nabízených možností, co na všechny ryby v akváriu působí?
 - atmosférický tlak a hydrostatický tlak
 - atmosférický tlak a hydrodynamický tlak
 - hydrostatický tlak a hydrodynamický tlak
 - atmosférický tlak a elektrický tlak
3. Na kterou rybu působí největší hydrostatický tlak?
 - ryba 1
 - ryba 2
 - ryba 3
 - ryba 4
4. Pokud položíte na hladinu vody v akváriu desku, která přesně sedne na vodu (vznikne kapalina v uzavřené nádobě), a na desku ještě položíte nějaké závaží, například autíčka, jako na obrázku „AKVÁRIUM 2“. Které ryby jsou tímto ovlivněny?
 - ryba 1
 - ryba 2
 - ryba 3
 - ryba 4
 - všechny ryby
 - žádná ryba
5. Pokud položíte ještě jedno závaží na desku, budou tím ovlivněny všechny ryby stejně?
 - ANO
 - NE

Obr. 76 Akvárium s deskou a zátěží na hladině vody (Akvárium 2)

6. Pokud uberete závaží z desky, ovlivní to všechny ryby stejně?
 ANO NE

Úloha

Pascalův zákon – karteziánek – brčko

Pomůcky	1,5 l PET láhev, brčko, nůžky, modelína, gumička, miska na vodu, voda
odhadovaný čas na přípravu	5 min.
odhadovaný čas na provedení	15 min.

1. Ustříhnete brčko cca, aby bylo stejně dlouhé před za ohybným kolenem.
2. Kolenou ohnete a převažete gumičkou.



Obr. 77 Postup pro tvorbu karteziánka

3. Přibližně doprostřed ustříženého brčka dejte modelínu přibližně jako na obrázku. POZOR: je důležité, aby se otvory brčka nezacpaly modelínou.



Obr. 78 Postup pro tvorbu karteziánka – modelína

4. Dejte brčko s gumičkou a modelínou do misky, kde je voda.
5. Pokud brčko klesne ke dnu, odeberte z něj trochu modelíny, tak aby drželo u hladiny
6. Vložte brčko do plné PET láhve a zašroubujte.
7. Zmáčkněte PET láhev a pozorujte Vámi vytvořeného potápěče.
8. Rozhodněte o pravdivosti tvrzení:
9. Pokud dostatečně zmáčknu láhev brčko/potápěč klesne ke dnu.
 - ANO NE
10. Brčko je plné vody.
 - ANO NE
11. Po zmáčknutí láhve vzroste tlak v lahvi všude stejně.
 - ANO NE
12. Po zmáčknutí láhve všechny vzduchové bubliny v lahvi zmenší svůj objem.
 - ANO NE
13. Pokud přestaneme působit silou na PET láhev, brčko/potápěč klesne ke dnu.
 - ANO NE
14. Pokud přestaneme mačkat PET láhev, všechny bubliny uvnitř láhve zvětší svůj objem.
 - ANO NE

Úloha

Pascalův zákon – karteziánek ze sirek

Pomůcky	PET láhev, sirky (stačí pouze hlavičky), nůžky, pracovní list
odhadovaný čas na přípravu	5 min.
odhadovaný čas na provedení	15 min.

1. Do PET láhve nalijte vodu až po okraj.
2. Ustříhnete 10 sirek těsně u hlavičky.



Obr. 79 Postup pro tvorbu karteziánka ze sirek – sirky a hlavičky

3. Ustřížené hlavičky vložte na hladinu vody.



Obr. 80 Postup pro tvorbu karteziánka ze sirek – hlavičky sirek v PET-lahvi

4. Zašroubujte víčko PET láhve, ve které jsou hlavičky sirek.
5. Zmáčkněte PET láhev.
6. Pokud se sirkami nic neděje, zkuste zmáčknout PET láhev dva/dvě.
7. Rozhodněte, zda jsou pravdivá tato tvrzení:
8. Pokud dostatečně zmáčknu vodu v PET lahvi, hlavičky sirek klesají ke dnu.
 - ANO NE
9. Hlavičky sirek jsou pórovité (jejich povrch obsahuje velké množství děr)
 - ANO NE
10. Pokud zmáčkne PET láhev, uvnitř kapaliny vzroste tlak, který zmenší vzduchové bubliny, které jsou v pórech hlaviček sirek.
 - ANO NE
11. Díky zmenšení vzduchových bublin hlavička sirky přestane plovat. Zmenší se síla, která nadnáší hlavičky sirek ve vodě.
 - ANO NE
12. Pokud přestaneme působit silou na PET láhev, bubliny se zmenší a hlavičky klesnou ke dnu.
 - ANO NE

Úloha

Videoexperiment Pascalův zákon – stříkačky

Videoexperiment ukazuje konstrukci modelu hydraulického lisu, nebo zvedáku. Dvě spojené nádoby (zde injekční stříkačky) jsou spojené hadičkou. Tlak vyvolaný silou působící na jeden z pístů je kapalinou přenesen do druhé stříkačky a síla působí i na druhý píst. Poměr sil souvisí s poměrem obsahu pístů (pokud zanedbáme tření, budou tyto poměry shodné).



Obr. 81 Ukázka z videoexperimentu “Pascalův zákon – stříkačky”

Pomůcky	injekční stříkačky o objemu 1 5 ml, 1 10 ml, 2 20 ml, hadička k propojení injekčních stříkaček asi 15 cm, (obarvená voda potravinářským barvivem), nit, podložka, vytištěný pracovní list
odhadovaný čas na přípravu	5 min.
odhadovaný čas na provedení	25 min.

1. Vysuňte vnitřek (píst) z větší stříkačky.
2. Vezměte jednu stříkačku a na vývod ze stříkačky připevněte hadičku. Pevně převažte pevnou nití pro lepší uchycení.
3. Stejně jako jste hadičku připevnili k jedné stříkačce, to udělejte s druhým koncem a druhou stříkačkou.
4. Do větší stříkačky nalijte vodu až po okraj.
5. Do větší stříkačky vsuňte vnitřek (píst).
6. Na píst větší stříkačky zatlačte. Voda se posune do hadičky a menší píst v menší stříkačce se posune.
7. Píst větší stříkačky vtlačte do stříkačky úplně.
8. Píst menší stříkačky vyndejte.
9. Dolejte vodu do menší stříkačky až po okraj.
10. Do menší stříkačky vsuňte píst.

11. Právě jste vytvořili hydraulický lis podobný jako na obrázku.



Obr. 82 Postup při výrobě hydraulického lisu

12. Odpovězte na otázky:

Umístěte oba písty stříkaček přibližně v prostřední pozici a zatlačte na širší a pak na užší píst. Zatlačíte-li na širší píst, působíte menší silou, abyste přetlačili užší píst?

ANO NE

Kde v kapalině ve stříkačkách případně v hadičce bude největší tlak, který vznikne působením silou vašeho prstu při tlačení na píst?

- těsně pod menším pístem
- těsně pod větším pístem
- uvnitř menší stříkačky
- uvnitř větší stříkačky
- v hadičce
- všude bude stejný

Chytněte obě stříkačky, každou do jedné ruky a palcem každé ruky tlačte co největší silou na píst stříkačky. Jeden palec bude jedním pístem přetlačeny. Pak vyměňte ruce a opakujte. Na jakém pístu je nutné mít palec, aby po tlačení vši silou zajel píst do stříkačky?

širší píst užší píst

Řešení úloh

Pascalův zákon – akvárium

Pascalův zákon se týká tlaku v kapalině, který je vyvolán vnější silou (silou na píst). Tlak vyvolaný v uzavřené kapalině vnější silou je ve všech místech kapaliny stejný. Tedy pokud na akvárium položíme desku, která přesně sedne na vodu a nezbude místo mezi deskou a sklem akvária a na hladinu položíme nějaké závaží na desku, vzniká plošná síla, působící na kapalinu. Pak přírůstek tlaku vyvolaný závažím na desce je všude v kapalině stejný.

Ve všech místech kapaliny se tedy tlak změnil o stejnou hodnotu. Všechny rybičky by tedy byly ovlivněny stejným způsobem.

Pascalův zákon samozřejmě neplatí pro změnu tlaku vyvolanou objemovými silami (např. tíhová síla).

Na jakékoliv těleso umístěné v kapalině působí hydrostatický tlak. Ten roste s přibývajícím hloubkou. Pro hydrostatický tlak platí $p_h = h \cdot \rho \cdot g$. Závisí kromě hloubky také na hustotě kapaliny. Čím větší hustota kapaliny, ve které je těleso, tím větší bude i tlak, který působí na těleso v kapalině.

Pascalův zákon – karteziánek – brčko

K vysvětlení, proč vytvořený potápěč klesne při stlačení PET láhve a při uvolnění PET láhve zase stoupne, bude zapotřebí dvou zákonů – Pascalova a Archimédova. Je nutné si uvědomit, že v brčku je vzduch. Pokud na PET láhev budeme působit silou (stiskem PET láhve rukou), uvnitř kapaliny vznikne dodatečný tlak. Tento tlak způsobí zmenšení objemu vzduchu v brčku. Jestliže se zmenší objem vzduchu v brčku a místo vzduchu sem nateče voda, zvýší se hmotnost brčka, a tedy i tíhová síla působící na brčko. Při uvolnění síly, která působí na PET láhev, se zmenší tlak v kapalině, objem vzduchu v brčku vzroste, sníží se hmotnost brčka. Vzroste velikost výsledné síly, která působí na brčko, a to začne stoupat.

Pascalův zákon – karteziánek ze sirek

K vysvětlení, proč některé hlavičky sirek klesnou při stlačení PET láhve a při uvolnění PET láhve zase stoupnou, bude zapotřebí dvou zákonů – Pascalova a Archimédova. Je nutné si uvědomit, že hlavičky sirek jsou z porézního materiálu. Povrch i objem hlavičky je naplněný do velké míry vzduchovými bublinami. Pokud na PET láhev budeme působit silou (stiskem PET láhve rukou) uvnitř kapaliny vznikne dodatečný tlak. Tento tlak způsobí zmenšení objemu vzduchu v hlavičkách sirek. Jestliže se zmenší objem vzduchu v hlavičkách a místo vzduchu sem nateče voda, zvýší se hmotnost hlavičky, a tedy i tíhová síla působící na hlavičku. Při uvolnění síly, která působí na PET láhev, se zmenší tlak v kapalině, objem vzduchu v hlavičkách vzroste, sníží se hmotnost hlavičky. Vzroste velikost výsledné síly, která působí na hlavičky a tyto začnou stoupat.

Důvodů, proč nemusí klesnout všechny hlavičky sirek při stlačení PET láhve, může být více. Protože hlavičky sirek nejsou totožné, mají v sobě obsažený různý objem vzduchu. Ty, které mají vzduchu v sobě více, neklesají. Dalším důvodem může být velký objem dřeva na hlavičce sirky.

Pascalův zákon – směr působení

Přenos tlaku do jakéhokoliv místa v kapalině popisuje Pascalův zákon. Tlak, který vyvolá vnější síla na kapalinu v uzavřené nádobě, je ve všech místech kapaliny stejný. Tedy bez ohledu na to, kde by byla díra v nádobě, by kapalina proudila stejnou rychlostí vlivem vnější tlakové síly. Nesmíme zapomenout na to, že pokud bychom udělali díru u dna láhve, bude kapalina na kapalinu působit kromě tlaku vzniklého vnější silou i tlak hydrostatický s atmosférickým. Proto jsou v našem pokusu nutné díry ve stejné výšce.



Obr. 83 Řešení experimentu „Pascalův zákon – směr působení“

Přenos tlaku do jakéhokoliv místa v kapalině popisuje Pascalův zákon. Tlak, který vyvolá vnější síla na kapalinu v uzavřené nádobě, je ve všech místech kapaliny stejný. Tedy bez ohledu na to, kde by byla díra v nádobě, by kapalina proudila stejnou rychlostí vlivem vnější tlakové síly. Nesmíme zapomenout na to, že pokud bychom udělali díru u dna láhve, bude kapalina na kapalinu působit kromě tlaku vzniklého vnější silou i tlak hydrostatický s atmosférickým. Proto jsou v našem pokusu nutné díry ve stejné výšce.

Videoexperiment Pascalův zákon – stříkačky

Vše lze vysvětlit jednak vyučovanou vlastností kapalin – nestlačitelností – a Pascalovým zákonem: **“Změna tlaku vyvolaná vnější silou na kapalinu v uzavřené nádobě je ve všech místech kapaliny stejná.”**

Pokud zatlačíme na jakýkoli píst hydraulického lisu, všude v kapalině vlivem této síly vznikne stejný dodatečný tlak. Pokud tento tlak působí na plochu, vzniká tak síla. Čím větší plocha, na kterou tlak působí, tím větší síla vzniká.

Tento princip je hojně využíván v praxi. Například hydraulický zvedák (tzv. hydraulický hever, rameno rypadla, popř. staré zubařské křeslo či posilovač řízení v automobilu).

8 Akční výzkum realizovaný s využitím modulů pro překonání kritických míst

8.1 K problematice akčního výzkumu

Pod pojmem akční výzkum je v pedagogické literatuře obvykle chápán typ aplikovaného výzkumu, který se snaží překlenout propast mezi klasickým akademicky pojatým výzkumem a školskou praxí. Mezi jeho hlavní charakteristiky patří snaha o změnu, intenzivní zapojení učitelů z praxe a rovněž cyklické pojetí, kde se opakovaně střídá návrh inovace, ověření v praxi, vyhodnocení a úprava na základě zjištěných skutečností. Akční výzkum není hodnotově neutrální a má politické konotace (Hendl, 2005). Ačkoliv vznik akčního výzkumu v obecném pojetí je obvykle spojován s prací amerického sociálního psychologa Kurta Lewina z roku 1946, v námi sledované oblasti přírodovědného vzdělávání se tento přístup dostal do popředí zájmu až v 90. letech 20. století. Laudonia et al. (2018) ve své přehledové studii z roku 2018 identifikovali celkem 149 článků v časopisech a kapitol v knihách, jež byly zaměřeny na akční výzkum a týkaly se oblasti přírodovědného vzdělávání. Většina z nich nebyla cílena na konkrétní přírodovědnou disciplínu, mezi tématy poté dominovala ekologie (14 studií), chemie (13 studií) a biologie (8 studií). V didaktice fyziky byla dosud akčnímu výzkumu věnována jen malá pozornost, když na toto téma byly publikovány pouze tři studie. Akční výzkum bývá poměrně často spojován s badatelsky orientovaným vyučováním, když zhruba polovina všech aplikací akčního výzkumu v oblasti přírodovědného vzdělávání se týkala právě této problematiky (Laudonia et al., 2018). V českém pedagogickém prostředí je akční výzkum dosud realizován spíše okrajově (Pavelková, 2012), přičemž přímo ve vztahu k didaktice přírodních věd relevantní studie zatím zcela chybí⁹⁸. Dlouhodobě se problematice akčního výzkumu věnuje prof. Danuše Nezvalová, která ve své studii z roku 2003 představuje různé definice a typy

akčního výzkumu, uvádí rozdíly mezi akčním a tradičně pojatým výzkumem a detailně se zabývá i možnostmi aplikace tohoto přístupu. Zároveň rozděluje tzv. **pro-aktivní, reaktivní a kooperativní akční výzkum**, přičemž v prvním případě předchází akce sběru informací, ve druhé naopak je akce založena na detailní analýze toho, co je o daném tématu známo, a v posledním z uvedených je kladen důraz na kooperaci různých aktérů a jejich konstruktivní kritiku procesu (Nezvalová, 2003). Pavelková (2012) na základě studie Caselové a Johnsona rozděluje následujících pět základních pojetí akčního výzkumu:

- **experimentální akční výzkum** – spojen s prací Kurta Lewina, vychází z pozitivistické tradice, idea studovat jevy prostřednictvím jejich změn.
- **induktivní akční výzkum** – vychází z neoempirismu a induktivní logiky. Zahrnuje diagnostiku problému, intervenci a reflexi.
- **participační akční výzkum** – klade důraz na spolupráci, výzkumník chápán jako facilitátor, akci pak řídí výše postavení členové komunity, zbytek poskytuje zpětnou vazbu, ale nepodílí se přímo na změně.
- **participační akční výzkumná praxe** – na rozdíl od předchozího se všichni členové komunity zapojují do všech fází výzkumného procesu a jejich hlasy mají stejnou váhu.
- **dekonstrukční akční výzkum** – inspirován postmodernou a relativismem, důraz na užívání stejného jazyka v běžné komunikaci a ve výzkumu⁹⁹.

V literatuře lze najít řadu dalších typologií akčního výzkumu, přičemž situace v této oblasti není ustálená a nelze říci, že by některý z pokusů o rozdělení či hierarchizaci tohoto typu výzkumu výrazně převažoval. To

⁹⁸ S ohledem na to, že akční výzkum byl předmětem výzev velkých projektů realizovaných v rámci Operačního programu Výzkum, vývoj a vzdělávání se však dá v brzké době očekávat v této oblasti určitý posun.

⁹⁹ Pro fyziku není tento typ akčního výzkumu vhodný.

ostatně odpovídá povaze akčního výzkumu, která není úplně slučitelná s jednoznačnou hierarchizací a „rozškátulkováním“ studované problematiky.

Akční výzkum je globálním pohledem rovněž poměrně často uplatňován při vývoji kurikula a vytváření nových učebních materiálů v oblasti přírodovědného vzdělávání. Tuto problematiku detailně rozpracovali Eilks a Ralle (2002), kteří rovněž formulovali požadavek na to, aby proces vedoucí ke změně kurikula či vytvoření inovativních učebních materiálů metodou participačního akčního výzkumu zahrnoval následující tři cykly:

- **Cyklus 1** – probíhá v rámci menšího týmu. Je definován problém, analyzován současný stav a jsou vyvinuty první předběžné návrhy, jež jsou testovány v malých skupinách. Na základě testování je zhodnoceno, zda plánované intervence mají potenciál ke zlepšení v praxi a jsou provedeny případné úpravy.
- **Cyklus 2** – je realizován v početnější skupině učitelů. Klíčovým bodem je integrace učitelů, kteří se nepodíleli na první fázi. Ti aplikují uvedené intervence v praxi a dávají rovněž zpětnou vazbu k výsledkům z první fáze, na niž se nepodíleli.
- **Cyklus 3** – jeho hlavním bodem je rozšíření inovativního přístupu mimo komunitu podílející se přímo na akčním výzkumu. V rámci tohoto bodu se zároveň ukazuje, zda jsou vytvořené materiály natolik průkazné, aby byly využitelné i dalšími učiteli bez speciálního školení. Tato fáze je klíčová, pokud má mít uvedený proces širší dopady mimo v rámci výzkumu vytvořenou komunitu.

V rámci každého cyklu probíhá postupně vývoj materiálů, jejich testování, zhodnocení a reflexe vedoucí k příslušným úpravám. Uvedený model akčního výzkumu byl realizován v řadě konkrétních studií. Burmeister a Eilks (2012) jej například aplikovali při vývoji modulu zaměřeného na oblast trvale udržitelného

rozvoje, jenž byl určen budoucím učitelům chemie. Na konci procesu trvajícím tři roky uváděli zapojení studenti učitelství ve velké většině případů, že modul je velmi užitečný z hlediska jejich budoucí pedagogické činnosti. Podobně Feirabend a Eilks (2011) demonstrovali užití uvedeného přístupu při tvorbě interdisciplinárního projektu zaměřeného na problematiku klimatických změn.

8.2 Metodika a organizace akčního výzkumu

V rámci projektu Didaktika A – Člověk a příroda byl realizován akční výzkum zaměřený na vývoj nových učebních materiálů (modulů), jejichž úkolem bylo přispět k překonání kritických míst ve výuce fyziky v 6. a 7. ročníku. Z metodologického hlediska je podstatné, že učitelé participující v tomto akčním výzkumu se zároveň podíleli na vytipování těchto kritických míst v rámci multikriteriálního přístupu (viz kapitola 4). Samotný akční výzkum byl zahájen v lednu 2018 poté, co bylo vytipováno příslušných šest kritických míst uvedených výše. Svojí povahou se dle výše uvedeného členění jednalo o participační akční výzkum nesusoucí určité rysy participačního akčního výzkumné praxe¹⁰⁰. Prvotní návrh modulů byl vypracován výzkumníky z univerzity, byla však opakovaně realizována setkání, v jejichž rámci zapojení učitelé z praxe předkládali svoje návrhy k tomu, jak mají být uvedené moduly postaveny, co mají především zahrnovat apod. V některých případech přitom přicházeli na základě vlastní praxe přímo s konkrétními návrhy toho, jaké aktivity v rámci modulů zařadit. To je v souladu s tím, že akční výzkum by měl vycházet z toho, co bylo učiněno dobrými učiteli na intuitivní úrovni (McNiff, 1988 in Nezvalová, 2003). Do těchto aktivit, jež odpovídají cyklu 1 dle výše uvedeného modelu Eilks a Ralleho (2002) se zapojili pouze aktivnější učitelé, kteří se uvedených setkání (především třídního Letního setkání učitelů fyziky v Olomouci ve dnech 18.–20. července 2018) účastnili. Vývoj prvních předběžných konceptů a diskuze týkající se využitelnosti modulů v praxi tak probíhal v menší skupině aktivních učitelů.

¹⁰⁰ Role učitelů byla v řadě aspektů větší než „pouhé“ poskytování zpětné vazby, a jejich podíl na tvorbě modulů byl v některých případech podstatný. Na druhou stranu nebylo možné s ohledem mimo jiné na počet a geografické rozmístění učitelů realizovat v praxi rovnocenné zapojení všech členů komunity do všech fází procesu s tím, že by všichni měli při realizaci akčního výzkumu stejný hlas.

Na podzim 2018 byly na základě připomínek učitelů finalizovány moduly a byl zahájen druhý cyklus akčního výzkumu, v jehož rámci učitelé realizovali ověření modulů ve vlastní pedagogické praxi. Bylo přitom dohodnuto, že každý ze zapojených učitelů by měl ověřit nejméně dva moduly dle vlastního výběru a možností¹⁰¹. Z 30 učitelů fyziky v projektu se do ověřování modulů zapojilo celkem 26¹⁰². Vzhledem k tomu, že někteří učitelé projevíli zájem o ověření více než dvou případů, bylo celkově realizováno 55 ověření (tj. v průměru 2,1 na jednoho ověřujícího učitele), přičemž rozložení dle jednotlivých modulů bylo následující: Magnetické indukční čáry – 8, Magnetické pole elektrického proudu a elektromagnet – 7, Hustota – 8, Čočky – 6, Pascalův zákon – 11, Archimédův zákon – 15¹⁰³. Učitelé byli směrem k ověření modulů náležitě proškoleni, bylo však na nich, které aktivity nabízené v rámci modulu vyberou a jakou formou z nabízených možností je realizují¹⁰⁴. Autentičnost akčního výzkumu a zásadní role učitelů z praxe tak byla (mimo jiné) zajištěna právě tím, že vyučovací hodiny sestavovali na základě připravených modulů oni sami, a nebylo ze strany výzkumníků „nalinkováno“, které konkrétní aktivity a v jakém rozsahu mají realizovat.

Ověření probíhala v průběhu školního roku 2018/19. Ke každému ověřovanému modulu zpracovávali učitelé reflexi, jež zahrnovala detailní charakteristiku třídy, v níž bylo ověřování realizováno, informace k průběhu ověření (především k tomu, které aktivity v rámci modulu byly realizovány a jakou formou), kvantitativní zhodnocení realizovaných aktivit v rámci modulu z hlediska jejich přínosu v různých oblastech (šlo o kvalifikovaný odhad vyučujících) a rovněž případné náměty na zkvalitnění dílčích aktivit i modulu jako celku. Vzor formuláře je uveden v Příloze 8.1 na konci této podkapitoly. Vyplněné formuláře

z ověření modulů posílali učitelé elektronickou cestou výzkumníkům, kteří s nimi dále pracovali. Jako důležitou součást druhého cyklu akčního výzkumu vnímáme Letní setkání učitelů fyziky realizované v červenci 2019 v Liberci, v jehož rámci byly s přítomnými učiteli velmi detailně diskutovány jejich postřehy z ověření a proběhl rovněž rozbor kritických připomínek uvedených v dříve poslaných reflexivních formulářích. Cílem tohoto setkání bylo přitom důsledně reflektovat prvotní ověření modulů a vytvořit tak prostor pro jejich úpravu na základě poznatků z praxe. Někteří učitelé v této fázi přímo proaktivně přišli s vlastními ucelenými návrhy na zkvalitnění vybraných aktivit v rámci modulů. Následným úkolem výzkumníků bylo uvedené moduly na základě těchto poznatků upravit tak, aby byly připraveny k dalšímu využití. V rámci této úpravy byl vedle zohlednění kladen důraz i na zvýšení srozumitelnosti modulů tak, aby byly využitelné i při rozšíření mimo komunitu (společenství praxe) vytvořenou v projektu bez toho, aby bylo nutné učitele je realizující speciálně školit. To je v souladu s požadavky třetího cyklu akčního výzkumu dle Eilks a Ralleho (2002).

Samotný třetí cyklus již v rámci projektu nebyl vzhledem k omezenému času realizován. V rámci návazného výzkumu by však nepochybně bylo vhodné, aby moduly využili i učitelé, kteří nebyli zapojeni v projektu, což by umožnilo jejich objektivnější zhodnocení. Bylo by rovněž přínosné realizovat pedagogický výzkum zaměřený na efektivitu těchto modulů, jež by mohl využívat například srovnání výsledků v testových úlohách převzatých z mezinárodních srovnávacích šetření ve skupině žáků, kteří prošli edukací využívající daný modul, s normovanými hodnotami. Pro zohlednění úrovně třídy by poté bylo možné využít testové úlohy, jejichž témata nebyla

¹⁰¹ Cílem výzkumníků nebylo tlačit za každou cenu učitele do modulů, které ověřovat prakticky nemohli (např. proto, že v daném školním roce neučili v dané třídě) či z nějakého důvodu nechtěli. Na druhou stranu zde byla snaha o to, aby počet ověření pro jednotlivé moduly byl v rámci možností srovnatelný.

¹⁰² V jednom případě bylo ověření znemožněno mateřskou dovolenou, ve druhém šlo o ředitele školy, který v daném roce nevyučoval fyziku v žádné ze tříd, kde by bylo možné ověření provést. Stejná situace nastala i u dvou ze zapojených učitelů. Jednalo se o okolnosti, které nebylo možné na začátku projektu předvídat. Ve všech případech se však dotyční formou účastí na společenství praxe aktivně zapojili do jiných fází akčního výzkumu i do dalších projektových aktivit.

¹⁰³ Bylo by samozřejmě lepší, kdyby uvedené rozdělení bylo rovnoměrnější, ale pokládali jsme za vhodnější mít větší počet ověření u některého modulu než narušit demokratickou podstatu akčního výzkumu tím, že bychom vyžadovali ověřování tam, kde by to vyžadovalo mimořádné organizační zásahy v rámci výuky ve škole či bylo proti vůli ověřujícího učitele.

¹⁰⁴ Typicky šlo o experimenty, které bylo možné realizovat (v ideálním případě) jako žákovské, v případě nedostatku času je však bylo možné pojmout i jako frontální případně šlo využít jejich videozáznamy pořízené v rámci projektu.

předmětem intervence, a kde jsou k dispozici díky mezinárodním šetřením odpovídající rozložení výsledků. Tento design by umožnil zhodnotit přínos modulů bez toho, aby byl realizován metodologicky komplikovaný pretest a posttest, a bylo nutné testovat kontrolní skupinu.

8.3 Výsledky akčního výzkumu

Výsledky ověření založeného na kvalifikovaném odhadu zapojených učitelů, kteří moduly realizovali, budou prezentovány formou přehledových tabulek. Pro každý modul bude uvedeno globální hodnocení opírající se o to, do jaké míry má modul jako celek dle

učitelů potenciál přispět k překonání daného kritického místa. Dále budou prezentovány souhrnné tabulky, z nichž bude patrné, jak učitelé hodnotili jednotlivé aktivity modulu dle sledovaných položek dotazníku (viz Příloha 1 k této kapitole)¹⁰⁵. S ohledem na malý počet respondentů nebudeme v těchto tabulkách rozlišovat situace, kdy učitelé realizovali jednu aktivitu různými způsoby, což bylo s ohledem na požadovanou flexibilitu modulů možné. K zohlednění různého využití jednoho modulu učitelem však budou dále uvedeny relevantní slovní komentáře pedagogů týkající se mimo jiné vlivu, jakou formou byla aktivita realizována na výsledky.

¹⁰⁵ Hodnocení bylo provedeno na pětibodové Likertově škále, přičemž průměrný výsledek lepší než 3,0 odpovídá pozitivnímu efektu daného modulu ve sledovaném kritériu.

A) Modul Magnetické indukční čáry

Tabulka 2. Globální hodnocení modulu – tvrzení Modul jako celek přispívá k překonání kritičnosti daného místa – 8 participantů

	Výrazně souhlasím	Spíše souhlasím	Spíše nesouhlasím	Výrazně nesouhlasím	Nedokáži posoudit
Počty (podíly)	2 (25 %)	6 (75 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)

Tabulka 3. Hodnocení aspektů dílčích aktivit v rámci modulu – 8 participantů

Počet ověřujících učitelů	5	8	6	7	3	4	2
Číslo položky dotazníku	Aktivita 1 (dělení magnetů)	Aktivita 2 (tvary čar – piliny)	Aktivita 3 (více magnetů – piliny)	Aktivita 4 (tvary čar – strelka)	Aktivita 5 (tvary čar – hřebíky)	Aktivita 6 (určení sever-jih – jehla)	Aktivita 7 (tvary čar – tyčový magnet)
4	1,5±1,0 ^a	2,0±0,5	1,8±0,8	1,3±0,5	2,3±1,2	2,8±0,8	1,5±0,7
5	1,8±0,8	2,6±0,7	2,0±0,6	1,9±0,7	3,0±0,0	2,3±1,0	1,5±0,7
6	1,4±0,9	1,8±0,8	1,5±0,8	1,3±0,5	2,3±1,2	1,3±0,5	1,0±0,0
7	1,4±0,5	2,1±0,8	2,2±0,4	1,4±0,5	2,7±0,6	1,3±0,5	1,5±0,7
8	1,4±0,5	1,9±0,7	2,2±0,7	1,7±0,6	2,7±0,6	1,8±0,5	1,0±0,0
9	2,0±0,7	2,0±0,7	1,8±0,8	1,6±0,5	2,3±0,6	1,8±0,5	1,5±0,7
10	1,3±0,5	1,9±0,8	1,8±1,0	1,7±0,8	2,3±1,2	1,3±0,5	1,0±0,0
11	2,0±0,8	1,6±0,7	1,7±0,8	1,1±0,4	2,3±0,6	1,8±0,5	1,0±0,0
12	1,8±0,5	1,7±0,8	1,5±0,8	2,0±0,8	2,7±0,6	1,3±0,5	1,0±0,0
13	1,6±0,5	1,5±0,7	1,8±0,8	1,6±0,5	2,3±0,6	2,0±1,4	1,5±0,7
14	1,2±0,5	1,5±0,7	1,7±0,8	1,3±0,5	2,3±1,2	1,8±1,5	1,0±0,0
15	1,4±0,9	2,1±1,1	2,0±0,6	2,3±1,1	3,0±1,0	1,5±0,6	1,5±0,7
16	1,5±1,0	2,4±1,0	2,2±1,0	1,6±1,0	2,3±1,2	1,5±0,6	1,0±0,0
17	2,8±1,8	2,6±0,9	3,0±1,1	2,6±1,3	3,0±0,0	1,8±1,0	1,0±0,0
18	1,2±0,4	1,9±0,6	1,7±0,5	1,4±0,5	2,3±1,2	1,0±0,0	1,0±0,0

^a průměr ± výběrová směrodatná odchylka (škála byla založena na zhodnocení pozitivní změny v důsledku využití modulu proti předchozímu stavu a zahrnovala následující stupně:

1 – výrazně souhlasím, 2 – spíše souhlasím, 3 – nevnímám rozdíl, 4 – spíše nesouhlasím,

5 – výrazně nesouhlasím)

B) Modul Magnetické pole elektrického proudu a elektromagnet**Tabulka 4.** Globální hodnocení modulu – tvrzení Modul jako celek přispívá k překonání kritičnosti daného místa – 7 participantů

	Výrazně souhlasím	Spíše souhlasím	Spíše nesouhlasím	Výrazně nesouhlasím	Nedokáži posoudit
Počty (podíly)	4 (57 %)	3 (43 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)

Tabulka 5. Hodnocení aspektů dílčích aktivit v rámci modulu – 7 participantů

Počet ověřujících učitelů	7	6	4	6
Číslo položky dotazníku	Aktivita 1 (tvorba elektromagnetu)	Aktivita 2 (mag. pole cívky)	Aktivita 3 (mag. pole – přímý vodič)	Aktivita 4 (magnetické pole uvnitř cívky)
4	1,4±0,5 ^a	2,0±0,9	1,8±1,0	1,8±0,8
5	1,1±0,4	1,8±1,0	2,0±0,8	2,3±1,0
6	1,3±0,5	2,2±0,8	2,5±1,0	2,3±0,5
7	1,4±0,5	1,8±0,8	2,0±0,0	2,2±0,7
8	1,7±0,5	1,8±0,8	2,0±0,0	2,2±0,4
9	1,6±0,8	2,2±0,8	2,5±1,0	2,5±0,8
10	1,3±0,8	2,0±0,9	2,0±0,0	1,8±0,8
11	1,5±0,5	2,0±0,8	2,5±0,6	2,2±0,7
12	1,5±0,5	1,5±0,7	2,3±0,7	2,3±1,0
13	1,7±0,8	2,2±0,8	2,5±0,6	2,6±0,5
14	1,3±0,5	1,8±0,8	1,8±0,5	2,0±0,6
15	1,9±0,4	2,0±0,6	2,6±1,0	1,8±0,8
16	1,7±0,8	2,0±0,9	2,5±0,6	2,6±0,5
17	3,1±1,3	2,5±1,0	3,8±1,0	2,3±0,8
18	1,1±0,4	1,7±0,8	1,8±0,5	2,0±0,6

^aprůměr ± výběrová směrodatná odchylka

C) Modul Hustota

Tabulka 6. Globální hodnocení modulu – tvrzení Modul jako celek přispívá k překonání kritičnosti daného místa – 8 participantů

	Výrazně souhlasím	Spíše souhlasím	Spíše nesouhlasím	Výrazně nesouhlasím	Nedokáži posoudit
Počty (podíly)	3 (38 %)	5 (62 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	1 (9 %)

Tabulka 7. Hodnocení aspektů dílčích aktivit v rámci modulu – 8 participantů

Počet ověřujících učitelů	6	4	6	6	6
Číslo položky dotazníku	Aktivita 1 (objem s odměrným válcem)	Aktivita 2 (porovnání m o stejném V)	Aktivita 3 (porovnání hustot)	Aktivita 4 (vajíčko)	Aktivita 5 (truhla)
4	2,0±0,8 ^a	2,0±0,0	1,7±0,5	1,7±0,5	2,2±0,8
5	2,0±0,0	2,0±0,0	1,5±0,5	1,5±0,5	1,8±0,8
6	2,3±0,7	2,0±1,0	1,8±0,8	1,2±0,4	2,0±0,9
7	2,2±0,7	2,7±0,6	1,8±0,8	1,8±0,8	2,3±0,8
8	2,2±0,4	2,3±0,6	1,8±0,8	1,8±0,4	2,0±0,6
9	2,0±0,6	1,7±0,6	1,8±0,4	2,0±0,0	2,0±0,6
10	1,8±1,1	1,3±0,6	1,3±0,5	1,7±0,8	1,7±0,5
11	1,7±0,9	1,7±1,2	1,4±0,9	1,2±0,4	2,6±1,1
12	2,4±1,0	2,3±0,6	2,0±0,8	1,8±0,9	2,3±1,0
13	2,7±0,9	2,3±1,2	1,5±0,8	1,7±1,0	2,7±1,0
14	2,2±1,1	1,7±0,6	1,3±0,5	1,3±0,5	2,0±1,1
15	2,7±0,9	2,7±0,6	1,7±1,0	1,8±1,0	2,5±0,8
16	2,5±0,5	2,5±0,7	1,6±0,9	1,8±0,8	2,2±0,8
17	3,7±0,5	3,7±0,6	3,3±0,8	3,2±1,2	2,5±1,4
18	2,3±0,7	2,7±0,6	1,8±1,0	2,0±0,9	2,3±0,8

^aprůměr ± výběrová směrodatná odchylka

D) Modul Čočky

Tabulka 8. Globální hodnocení modulu – tvrzení Modul jako celek přispívá k překonání kritičnosti daného místa – 6 participantů

	Výrazně souhlasím	Spíše souhlasím	Spíše nesouhlasím	Výrazně nesouhlasím	Nedokáži posoudit
Počty (podíly)	1 (17%)	3 (49%)	1 (17%)	0 (0%)	1 (17%)

Tabulka 9. Hodnocení aspektů dílčích aktivit v rámci modulu – 6 participantů

Počet ověřujících učitelů	4	6	6
Číslo položky dotazníku	Aktivita 1 (dírková komora)	Aktivita 2 (čočky v Algoodoo)	Aktivita 3 (zakrývání čočky)
4	1,8±1,0 ^a	1,8±1,1	1,5±0,5
5	2,3±1,5	1,8±0,8	1,8±0,8
6	2,0±0,8	1,8±1,0	1,3±0,5
7	2,0±0,8	2,0±1,0	1,6±0,5
8	3,3±1,3	2,8±1,2	2,2±0,4
9	3,0±1,4	3,0±1,1	2,7±0,5
10	1,5±0,6	2,2±,8	1,5±0,5
11	2,8±1,7	3,5±1,0	3,0±1,6
12	2,0±1,0	3,0±0,0	2,6±1,2
13	1,3±0,6	2,0±0,6	2,2±1,0
14	1,7±1,2	2,0±0,6	1,7±0,8
15	3,0±2,3	2,0±1,5	2,0±1,5
16	2,3±1,5	2,3±1,3	2,5±1,0
17	2,8±1,3	2,2±1,3	2,2±1,3
18	3,0±1,8	2,0±1,1	2,0±1,1

^aprůměr ± výběrová směrodatná odchylka

E) Modul Archimédův zákon

Tabulka 10. Globální hodnocení modulu – tvrzení Modul jako celek přispívá k překonání kritičnosti daného místa – 15 participantů

	Výrazně souhlasím	Spíše souhlasím	Spíše nesouhlasím	Výrazně nesouhlasím	Nedokáži posoudit
Počty (podíly)	5 (33 %)	5 (33 %)	3 (20 %)	0 (0 %)	2 (14 %)

Tabulka 11. Hodnocení aspektů dílčích aktivit v rámci modulu – 15 participantů

Počet ověřujících učitelů	10	6	12	9	10
Číslo položky dotazníku	Aktivita 1 (video-experiment váleček)	Aktivita 2 (potápění válečku)	Aktivita 3 (trychtýř)	Aktivita 4 (hydrostatický tlak – lahev)	Aktivita 5 (kinder-vajíčko)
4	2,7±0,8 ^a	2,0±0,6	1,8±0,5	1,7±0,5	1,7±0,7
5	2,2±0,9	2,5±1,4	2,0±0,6	1,9±0,3	1,6±0,5
6	2,0±0,9	2,7±1,4	2,0±0,6	1,7±0,5	1,3±0,5
7	2,1±0,9	2,2±0,8	2,2±0,8	2,0±0,8	1,5±0,7
8	2,6±0,8	2,0±0,7	2,1±0,9	2,2±0,7	2,1±0,7
9	2,1±0,7	2,7±1,2	2,6±0,5	2,3±0,5	2,0±0,7
10	1,9±1,0	2,2±0,8	1,8±0,6	1,8±0,4	1,4±0,5
11	2,4±1,1	3,0±1,2	1,8±0,4	1,6±0,5	1,3±0,5
12	2,1±1,1	2,5±0,6	2,0±0,9	1,9±0,4	1,6±0,5
13	2,3±1,1	2,3±0,8	2,0±0,7	1,9±0,8	1,8±0,8
14	2,4±1,0	2,5±1,4	1,7±0,5	1,8±0,4	1,6±0,7
15	2,6±1,3	2,7±1,6	2,1±0,8	2,2±1,1	1,5±1,0
16	2,2±0,9	2,5±1,5	2,1±0,8	2,1±1,0	1,9±0,9
17	2,7±1,4	3,5±1,5	3,3±1,4	2,6±1,1	2,6±1,6
18	2,3±1,1	2,5±1,5	2,1±1,0	1,9±1,1	1,8±1,0

^aprůměr ± výběrová směrodatná odchylka

F) Modul Pascalův zákon

Tabulka 12. Globální hodnocení modulu – tvrzení Modul jako celek přispívá k překonání kritičnosti daného místa – 11 participantů

	Výrazně souhlasím	Spíše souhlasím	Spíše nesouhlasím	Výrazně nesouhlasím	Nedokáži posoudit
Počty (podíly)	3 (27%)	7 (64%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (9%)

Tabulka 13. Hodnocení aspektů dílčích aktivit v rámci modulu – 11 participantů

Počet ověřujících učitelů	6	7	5	9	8
Číslo položky dotazníku	Aktivita 1 (akvárium)	Aktivita 2 (karteziánek – brčko)	Aktivita 3 (karteziánek – sirky)	Aktivita 4 (Pascalův zákon – směr)	Aktivita 5 (video-experiment)
4	2,2±0,4 ^a	1,6±0,5	2,0±0,0	2,1±1,1	1,6±0,7
5	2,0±0,6	1,9±0,7	2,0±0,0	2,3±1,2	1,6±0,7
6	2,0±0,9	1,4±0,5	1,8±0,4	2,2±1,2	1,4±0,7
7	2,2±0,4	1,9±0,9	2,4±0,5	2,3±0,8	2,0±1,0
8	2,3±0,5	2,2±0,8	2,6±0,5	2,2±0,4	2,1±0,6
9	2,4±0,5	1,8±0,8	2,4±0,5	2,3±0,4	2,0±0,8
10	1,7±0,5	1,6±0,5	2,0±0,7	1,9±0,6	1,9±0,9
11	2,2±0,8	1,3±0,5	1,8±0,4	1,8±0,5	1,4±0,7
12	2,3±0,5	1,6±0,8	2,3±0,7	2,0±0,7	1,7±0,7
13	2,6±0,5	1,8±0,8	2,4±0,5	2,4±0,7	1,9±0,8
14	2,2±0,8	1,1±0,4	2,0±0,7	1,9±0,7	1,8±0,8
15	2,7±0,8	2,3±1,0	2,6±0,9	2,7±0,8	2,4±0,9
16	2,5±0,8	2,3±1,0	2,6±0,9	2,6±1,3	2,3±0,8
17	2,8±1,5	3,6±1,3	3,0±1,6	2,7±1,2	3,1±1,3
18	2,0±1,1	1,7±1,1	2,6±0,9	1,9±1,1	1,9±1,1

^aprůměr ± výběrová směrodatná odchylka

8.4 Diskuse a reflexe výsledků, zpracování do nové verze modulů

Po důkladné analýze přehledových tabulek (viz kapitola 8.3) je možné konstatovat, že navržené moduly mají potenciál přispět k překonání kritických míst kurikula v šesté a sedmé třídě základní školy. Z globálního pohledu (v součtu za všechny moduly) učitelé uvedli přibližně ve 32 % případů výrazně souhlasí s tím, že modul jako celek přispívá k překonání kritičnosti daného místa kurikula. V dalších 52 % případů s tímto tvrzením učitelé spíše souhlasí. Pouze u 7 % situací uvedli učitelé, že s tímto tvrzením spíše nesouhlasí a ve zbývajících 9 % nedokázali přínos modulu posoudit. Nejlépe byly hodnoceny moduly zaměřené na elektromagnet a na hustotu, naopak nejkritičtější byli učitelé ohledně modulů věnovaných zobrazování čočkami a Archimédovu zákonu. U čoček mohlo sehrát roli nezvyklé (avšak podle autorů relevantní a důležité) pojetí modulu odchyloující se od toho, na co jsou učitelé zvyklí. U Archimédova zákona naopak mohla sehrát roli skutečnost, že někteří učitelé část podobně zaměřených aktivit zařazovali do výuky i doposud a představený modul pro ně tak nepřinášel výraznou změnu.

Pokud jde o jednotlivé sledované škály, u naprosté většiny aktivit převažovalo pozitivní hodnocení (průměrný výsledek v příslušné tabulce v kapitola 8.3 menší než 3,0) u všech sledovaných položek s výjimkou položky 17 týkající se náročnosti přípravy na výuku. To není překvapivé, protože moduly při důkladnějším pojetí (samostatná práce žáků či alespoň realizované frontální experimenty) vyžadují intenzivnější aktivitu učitelů před hodinou. Navíc je přirozené, že při první realizaci nových experimentů je příprava vždy časově náročnější, než u pokusů, které učitel realizuje pravidelně a představují pro něj rutinní záležitost. Poněkud horší průměrné hodnocení bylo u některých modulů zaznamenáno i u položky 12 týkající se toho, jak výuka podporovala vlastní učební aktivity žáků. Zde je třeba zdůraznit, že velmi silně záviselo

na tom, jak učitel daný modul (s ohledem na časové možnosti, vybavenost školy apod.) uchopil. Je přirozené, že pokud byl „pouze“ promítnut videoexperiment či byl proveden frontální experiment, vlastní učební aktivita žáků se příliš nerozvíjí. Znatelně lepší výsledky u této otázky byly zaznamenány v případech, kdy byly některé aktivity v rámci modulu po-jaty jako samostatná práce žáků. To však bylo s ohledem na řadu různých faktorů realizovat jen v menšině případů¹⁰⁶.

Z hlediska interpretace jsou slovní komentáře učitelů, které v rámci příslušného formuláře uvedli, ještě významnější, než kvantitativní hodnocení prezentované výše. Uvedeme proto některé z těchto komentářů¹⁰⁷. Někteří učitelé využili možnost u tvrzení „Modul jako celek přispívá k překonání kritičnosti daného tématu“ dopsat podle čeho tak soudí. Některá z těchto tvrzení budou citována.

Modul Magnetické indukční čáry

„Moduly jsou velmi přehledně zpracovány a pro děti jednoduché na pochopení.“

“Žáci si sami s přesně nachytným postupy mohli vyzkoušet jednotlivé pokusy, které pro ně nebyly složité na pochopení. Sami i tak správné závěry vyvozovali a vzájemně si tak mohli pomoci. I pro ty nejméně nadané to téma velmi pěkně vysvětlilo.”

“S žáky pracuji podle základních kroků badatelsky orientované výuky. Ve škole využívám na tuto tematiku téměř všechny pokusy uvedené v Moodlu. Žákům vždy dělalo problémy správné zakreslení magnetických indukčních čar. Toto velice dobře vystihl experiment o postupném zakreslení indukčních čar střelky kompasu. Pokusy patří do základní metodiky výuky fyziky a žáci je mají rádi. Někdy v zápalu zájmu o problém méně poslouchají pokyny učitele, více experimentují a tak jim unikají určité souvislosti daného problému. Víím, že pokus, který si žák prožije, upevňuje jeho znalosti a dovednosti. Je ale také důležitý projev žáka, jak slovní, tak i písemný, kdy dokáže problém vysvětlit.

¹⁰⁶ Formou samostatné práce žáků bylo v průměru realizováno cca 15 % z celkového počtu aktivit uskutečněných v rámci ověřování modulů.

¹⁰⁷ Vybíráme komentáře koncepčního rázu, naopak nezahrnujeme poznámky upozorňující na technické nedostatky ve zpracování modulů apod.

V posledních letech pozoruji, že se žáci méně učí anebo o učivo nejeví zájem a chybí jim bohatší slovní zásoba. Modul je velmi dobře sestavený a doufám, že si žáci tuto problematiku lépe zapamatují (i když skladba žáků v tomto ročníku je docela divoká!).”

“Při provádění experimentů a následné diskuzi o výsledcích experimentů je znát, že většina žáků projevila větší porozumění dané látce. Jediným problémem bylo propojení teorie magnetických indukčních čar se samotným experimentem, tj. někteří žáci nebyli schopni aplikovat poznatky o magn. ind. čarách na jejich praktickou ukázkou v experimentu.”

Modul Magnetické pole elektrického proudu a elektromagnet

„Pro děti byla tato problematika velmi těžko pochopitelná, ale s těmito pomůckami je pro ně snazší tomu porozumět. Čím jednodušší pomůcky jsou, tím je to pro ně lepší.“

„Veškeré pomůcky byly z dostupných materiálů a nebyl tedy problém si je vyrobit.“

„Při provádění experimentů a následné diskuzi o výsledcích experimentů je znát, že většina žáků projevila větší porozumění dané látce. Největší zájem měli žáci u experimentu s elektromagnetem.“

Modul Hustota

“Žáci si nejenom procvičili propočítávání hustoty, ale prakticky si procvičili i proměňování hustoty, objemu a hmotnosti. Vše mohou procvičit ve skupinkách a navzájem si tak pomoci.”

“Pro žáky zajímavé, praktické, propojení teorie a zkušenosti. Zvláště experimentují-li všichni žáci např. ve dvojicích a můžou si to všichni osahat a ne jen vidět, jak to provádí učitel, probouzí to u nich chuť experimentovat a hlavně se nevyhnutelně musí zapojit i ti, co se v běžné hodině nesoustředí na učivo. Při dalších řešených příkladech nebo otázkách z běžného života si žáci vybavují, že něco podobného už dělali a mají lepší úvahy a představy o výsledku. Takto získané znalosti jsou mnohem trvalejší a použitelnější v běžném životě. Celkově všechny tyto praktické činnosti žákům pomáhají bourat

předsudky a překonat strach z toho, že fyzika je náročná a nedá se pochopit. Přesto zůstává stále největším problémem výpočet objemu a hmotnosti zvláště, mají-li po převodech malá desetinná čísla, tehdy představivost a znalosti souvislostí často selhává a je nutná rutina.”

Modul Čočky

„Modul opravdu představuje žákům jednoduché pokusy, které jím velmi přiblíží problematiku šíření světla, ale i přesto je toto téma pro žáky velmi složité.“

„Zvýšil se zájem dětí o probíranou látku, děti překvapilo, jak jednoduše lze vytvořit obraz pomocí dírkové komory a pomocí spojky. Vlastnosti obrazu si lépe pamatovaly.“

“Dle mého názoru je modul veden celkem složitě. Žáci byli spíše zmateni. Chtělo by to jednodušší přístup.”

Modul Archimédův zákon

„Pro žáky zajímavé, praktické, propojení teorie a zkušenosti. Zvláště experimentují-li všichni žáci např. ve dvojicích a můžou si to všichni osahat a ne jen vidět, jak to provádí učitel, probouzí to u nich chuť experimentovat a hlavně se nevyhnutelně musí zapojit i ti, co v běžné hodině nevnímají a nutí je to přemýšlet nad tématem. Při dalších řešených příkladech nebo otázkách z běžného života si žáci vybavují, že něco podobného už dělali a mají lepší úvahy a představy o výsledku. Takto získané znalosti jsou mnohem trvalejší a použitelnější v běžném životě. Celkově všechny tyto praktické činnosti žákům pomáhají bourat předsudky a překonat strach z toho, že fyzika je náročná a nedá se pochopit, pochopí také souvislosti se situacemi běžného života. Co se týče náročnosti přípravy na hodinu z bodu 17, je to náročnější než na hodinu bez pokusů, ale vždy to stojí za to, protože v celkovém pohledu žáci pochopí za kratší čas více a je to po ně mnohem přínosnější, pro učitele to pak znamená, že nemusí věnovat tolik úsilí neustálému vysvětlování, objevuje se pak méně otázek a není třeba pořád opakovat základní fakta, takže to určitě stojí za to!”

“Žáci se aktivněji zapojovali do řešení problémů. Viditelně stoupal zájem plnit zadané úkoly. Žáci

se výrazněji zapojovali do diskusí. Při kontrole osvojení probírané látky jsem zaznamenal lepší výsledky v porovnání s žáky v paralelní třídě, která se ověřování modulu nezúčastnila.”

Modul Pascalův zákon

“Velmi snadno realizovatelné a pro děti snadno vyrobiteľné.”

“Velmi jednoduché na výrobu.”

“Uvedené aktivity v modulu jsou pro žáky zajímavé, systematicky je vedou k pochopení daného učiva. Většinu aktivit využívám již delší dobu, ale v částečně pozměněné podobě, tak aby lépe vyhovovala žákům. Velký problém je čtenářská gramotnost u žáků, delší zadání otázek jim činí potíže, je však potřeba je také trénovat. Na škole, kde působím je v některých třídách poměrně značný počet žáků s SVP, pro ně je názornost, která nechybí v daných částech modulu velmi důležitá. Vysvětlení například hydraulického zařízení s využitím symbolu delta ve vzorcích je pro některé žáky obtížné, stejně tak úprava vzorce ve zlomku.”

“Ve srovnání s druhou třídou nebyly výsledky následné písemné práce nijak výjimečné. Výrazně se však zlepšil zájem žáků o bádání a objeování zákonitostí přírody v předmětu fyzika.”

Při vyhodnocování reflexí formou dotazníků od učitelů byly nalezeny pozitivní reference, ale i určité kritické připomínky. Zároveň se ukázala potřeba dalšího rozvíjení doposud vytvořených modulů. V následujícím textu budou rozebírány opakující se připomínky. Naprostá většina z nich byla následně zapracována do finální verze modulů. V hodnocení většiny modulů většina učitelů uvádí, že byli žáci ve větší míře soustředění. Učitelé, kteří použili výuku pomocí pracovních listů, pozorovali, že žáky zaujala větší míra samostatnosti a možnosti bádání.

V dotaznících pro modul Archimédův zákon byl často zmiňovaným nedostatkem v pracovních listech uvedený čas na žákovské provedení konkrétní činnosti. Většinou žáci potřebovali více času. Tento poznatek z praxe byl zapracován do nově upravených modulů. Další častěji se vyskytující připomínkou byla jednotka u fyzikální veličiny tíhového zrychlení. Žáci v sedmé třídě ZŠ buď nejsou připraveni vůbec na práci s mocninami, nebo na ně jsou připraveni nedostatečně. Proto byla jednotka změněna na takovou, ve které se neobjevují mocniny. Některým zapojeným učitelům se zdálo, že v pracovních listech není dostatek místa na vlastní zápisky žáků. Někteří další učitelé naopak píšou, že na vlastní poznámky žáků je necháno dostatečné množství místa na papíře.

V dotaznících pro modul Hustota učitelé navrhuji vylepšení, pro některé pracovní listy v podobě nástavby i změny některých formulací. Jsou také zmiňovány připomínky ke špatnému odhadu času na realizaci aktivit. V dotaznících pro modul Čočky učitelé v dotaznících zmiňují, že se moduly zaměřují na opravdu jednoduché experimenty, které přibližují konkrétní zákonitosti. Dále učitelé psali, že i kvůli nedostatečnému vybavení, nebo plně obsazené třídě nebylo možné použít navrhovaný modul. Častým řešením takové situace bylo upravení si modulu pro konkrétní situaci.

V dotaznících pro modul Pascalův zákon byly vesměs připomínky technického charakteru. V dotaznících pro modul Magnetické pole elektrického proudu a elektromagnet je podotýkáno, že odhadovaný čas na aktivitu není reálný, což bylo zohledněno ve finální verzi. V hodnocení pro modul Magnetické indukční čáry učitelé navrhuji vylepšení některých pracovních listů.

Příloha 8.1

Reflexe ověřovaného modulu

Jméno učitele:

1. Napište prosím, v jakém ročníku jste modul ověřoval(a) a v jakém časovém rozsahu. Stručně, prosím, okomentujte i specifika konkrétní třídy, která nějakým způsobem Vaše vyučování ovlivňují (např. počet žáků ve třídě, počet žáků se speciálními vzdělávacími potřebami (SVP) a počet talentovaných žáků, infrastruktura dostupná ve třídě apod.).
2. Uveďte, prosím, jaké konkrétní aktivity z modulu (členění dle Moodlu) jste využili, a stručně popište, jakou formou (např. promítnutí videoexperimentu, frontální experiment, skupinová práce žáků, individualizovaná práce žáků apod.) Uvedené aktivity, prosím, očíslovte, čísla budou hrát roli v další části formuláře!
3. Pokud máte na základě ověření modulu nějaké náměty na jeho úpravu, doplnění, vylepšení apod., vypište je, prosím:

Nyní Vás prosíme o Váš kvalifikovaný odhad¹⁰⁸ kvality výuky s využitím nově navrhovaného modulu (vybraných aktivit z modulu) v porovnání s Vaší dosavadní výukou. Tučně označte jednu z možností míry souhlasu/nesouhlasu na pětibodové Likertově škále s níže uvedenými výroky¹⁰⁹. U každé otázky označujte možnosti jen u aktivit, které jste ve výuce realizoval(a), číslování je dle toho, co jste uvedl(a) výše u otázky 2.

4. Výuka vhodně podpořila překonávání překážek v učení žáků.
5. Výuka lépe vedla žáky k osvojování vědomostí a dovedností.
6. Výuka lépe stimulovala žákovskou představivost kvalitnější vizualizací a demonstrací učiva.
7. Výuka lépe vedla žáky k hlubšímu promýšlení učiva.
8. Žáci v/po výuce lépe dokázali učivo sami vysvětlovat.
9. Výuka u žáků lépe rozvíjela klíčové kompetence požadované dle RVP.
10. Výuka žákům nabízela více příležitostí diskutovat o učivu.
11. Výuka žákům nabízela více příležitostí k experimentování, které podporovalo porozumění učivu.
12. Výuka lépe podporovala vlastní učební aktivity žáků.
13. Výuka žáky lépe motivovala k dalšímu poznávání a k získávání nových informací.
14. Výuka byla pro žáky zábavnější.
15. Žáci byli více pozorní.
16. Výuka lépe (efektivněji) využila čas pro žákovské učení.
17. Příprava na výuku pro mne byla méně náročná.
18. Výuka mne více zaujala.
19. Modul jako celek přispívá k překonání kritičnost daného tématu.

Podle čeho tak soudíte (prosím odůvodněte):

¹⁰⁸ Kvalifikovaný odhad se opírá o osobní náhled a zkušenost; v tomto případě porovnáváte souhrn své zkušenosti z dosavadní běžné výuky se zkušeností z nově odzkoušené výuky podle modulu.

¹⁰⁹ V originálním znění měli učitelé přímo k dispozici příslušné položky Likertovy škály pro jednotlivé číslované aktivity. Zde pro úsporu místa uvádíme pouze výroky, k nimž se učitelé vyjadřovali.

9 Souhrnná diskuze k realizovaným výzkumům a jejich relevance směrem ke kurikulárním dokumentům

V rámci diskuzní části monografie je obvyklé provést srovnání zjištěných poznatků s tím, co v dané souvislosti zjistili jiní autoři. To je v našem případě problematické, protože uvedené téma dosud nebylo ve fyzice studováno, a srovnávání s tím, co bylo realizováno v matematice například skupinou kolem doc. Vondrové a dr. Rendla, není vzhledem k odlišnému pojetí příliš relevantní. Zaměříme se tak především na omezení, jež je třeba vzít do úvahy ve vztahu k výzkumům provedeným za účelem stanovit kritická místa kurikula a jejich příčiny (kapitola 4), resp. v akčním výzkumu zaměřeném na ověření a rámcové zhodnocení odhadované efektivity vytvořených modulů při překonávání kritických míst (kapitola 8). Tato omezení zároveň otevírají prostor pro širší diskuzi některých vybraných otázek. Jedná se především o následující limity:

- Identifikace příčin kritičnosti daných míst byla založena převážně na ontodidaktické pozici bez přímého zapojení žáků či rozboru jejich prací do výzkumu¹¹⁰. Byly sice užity psychodidaktické informace o výsledcích řešení testových úloh, ale u analýzy úloh již bylo uplatněno ontodidaktické hledisko bez dalšího psychodidaktického zkoumání konkrétních miskonceptů způsobujících hromadné chybování během procesu řešení úlohy. Do budoucna by bylo určitě vhodné ověřit validitu uvedených zjištění pomocí výzkumu soustředěného též přímo na žáky. Na druhé straně jsme přesvědčeni o tom, že ontodidaktický rozbor testových úloh opřený o zjištěné výsledky bývá opomíjeným tématem výzkumu a to přesto, že je zásadním východiskem pro porozumění možným příčinám žákovského chybování, např.

vzhledem k složitosti úlohy, nejasnosti zadání nebo nabízených odpovědí.

- Úlohy z TIMSS využité k identifikaci kritických míst pocházejí z let 1995, 1999 a 2007, neboť později se již ČR v námi sledovaném 8. ročníku ZŠ do šetření nezapojila. Na jednu stranu sice není vážný důvod se domnívat, že se kritičnost témat a její příčiny v posledních letech globálně nějak dramaticky změnila, na stranu druhou je však třeba uvážit, že s nástupem RVP došlo na některých školách od té doby k úpravě posloupnosti učiva, jež může mít na tuto oblast určitý dopad. Na první pohled by se tak mohlo zdát jako řešení využít novější výsledky z šetření PISA, kterého se ČR účastní pravidelně. Je však třeba si uvědomit, že toto šetření není svojí povahou k identifikaci kritických míst kurikula vhodné, protože klade důraz především na obecné přírodovědné kompetence a neakcentuje tolik konkrétní vzdělávací obsah. Podrobněji bylo toto téma diskutováno například v práci Kohouta et al. (2019a).
- Poznatky z ověřování modulů na základě akčního výzkumu mohou být zkresleny tím, že učitelé v něm nevystupovali (a z jeho podstaty ani vystupovat nemohli) anonymně. U některých z nich tudíž mohlo hrát roli zavděčit se autorům modulů tím, že jejich efektivitu odhadnou výše, než by odpovídalo jejich skutečnému přesvědčení¹¹¹. Ve snaze překonat tento potenciální problém byli zapojení učitelé opakovaně informováni o tom, že jakékoliv kritické poznámky k modulům či jejich odůvodněné negativní hodnocení je vnímáno veskrze pozitivně, protože cílem je v rámci jednotlivých cyklů akčního výzkumu

¹¹⁰ Žáci byli zapojeni pouze v rámci výzkumu prekonceptů, kde s nimi byly vedeny rozhovory.

¹¹¹ Učitelé zapojení v projektu byli placeni za spolupráci při vytipování kritických míst. Za samotné ověřování modulů již nijak finančně odměněni nebyli (vystupovali zde v roli podpořených osob), v některých případech však tyto své dvě role v projektu nemuseli striktně odlišovat.

upravit materiály tak, aby jejich potenciál směrem ke kritickým místům byl na odpovídající úrovni. Skutečná efektivita by však musela být prokázána seriózním a metodologicky silným pedagogickým výzkumem, který v rámci řešeného projektu nebyl realizován.

- Může nastat situace, že učitelé dané téma nemusí pokládat za kritické a mohou být na úrovni základní školy s výsledky žáků spokojeni, ačkoliv u nich není dostatečně rozvinuto konceptuální porozumění dané problematiky. Učitelé to však nezjistí, protože nemají k dispozici či nepoužívají učební úlohy, které by absencí tohoto konceptuálního porozumění byly schopny odhalit. Narážíme tu na obecnější problém konceptové validity učebních úloh pro příslušnou oblast instrumentální zkušenosti (ve fyzice stejně jako v jiných oborech). Tradiční požadavek „učit se myslet v oboru“ lze v tomto smyslu vyložit prostřednictvím termínu *instrumentalizace zkušenosti*, kdy přirozená zkušenost získávaná prostřednictvím běžné každodenní praxe se instrumentalizuje pomocí specifických instrumentů, které zakládají a utvářejí určitý specializovaný obor myšlení, komunikace a jednání (Slavík et al., 2017, s. 55). Žák má během řešení učebních úloh instrumentalizovat svou zkušenost, tedy pronikat do způsobu myšlení, komunikace a jednání v daném oboru korektně jak v podoblasti symbolické zkušenosti, tak zkušenosti experimentální (Kvasz, 2014). K dosažení tohoto cíle slouží učební úlohy, které by měly mimo jiné vystihovat daný koncept. Jestliže pro určitý koncept nebo pro strukturu konceptů chybí validní učební úlohy, stává se tento koncept pro výuku „neviditelným“ a učitelé jsou vůči němu „slepí“. Detailněji je tento potenciální problém diskutován v práci Kohouta et al. (2019b).
- Prezentované výzkumy se detailně nezabývaly souvislostmi učiva fyzikální části přírodovědy na prvním stupni základní školy¹¹² a výuky fyziky, která začíná v šestém ročníku ZŠ. V rámci analýzy obsahu

učebnic jsme se přitom setkali s tím, že některé učebnice se třeba u tématu hustota odvolávají na poznatky z prvního stupně, které se však v jeho rámci typicky neprobírají. Fyzikální části přírodovědy je obvykle věnována poměrně malá pozornost a není výjimkou, že budoucí učitelé prvního stupně připravují na vysokých školách v této oblasti pedagogové, kteří se fyzice nikdy profesionálně nevěnovali. I v souvislosti s tím se v příslušných učebních textech a učebnicích přírodovědy objevují problematické pasáže, jež mohou u dětí přispět k rozvoji miskonceptů (Hejnová, 2017). Bylo by tak velmi vhodné se detailněji zaměřit i na to, jak jsou kritická místa ovlivněna případnými negativními vlivy z 1. stupně ZŠ.

- Učitelé zapojení do projektu byli vybráni i s ohledem na nutnost jejich intenzivního zapojení do společenství praxe primárně na základě osobních vazeb konkrétních didaktiků z příslušných univerzit. Vzniklá skupina tak zahrnovala spíše aktivnější učitele a je otázka, do jaké míry je jejich pohled na výuku fyziky charakteristický pro celou komunitu učitelů tohoto předmětu v ČR. Toto by bylo možné přesněji zjistit například pomocí dotazníkového šetření, kde by učitelé napříč ČR odpovídali na otázky týkající se dané problematiky, k nimž pedagogové zapojení ve společenství praxe museli zaujmout nějaké stanovisko. Následně by bylo možné srovnat, do jaké míry se námi vybraná specifická skupina učitelů překrývá z hlediska svých charakteristik s množinou všech účastníků daného šetření, která by pravděpodobně již lépe odpovídala celkovému rozložení názorů v rámci celé komunity.

Navzdory výše uvedeným limitům výzkum přináší řadu relevantních poznatků, které mohou mít dle našeho názoru dopad i směrem k diskutovaným revizím RVP ZV, k nimž ostatně byla dána na základě našeho výzkumu určitá doporučení (Kohout, 2018, s. 11). Vzhledem k tomu, že jde o významný výstup projektu směrem do praxe, uvedeme zde tato doporučení v plném znění.

¹¹² Byla sice zkoumána problematika fyzikálních prekonceptů na prvním stupni, tam jsme se však explicitně zaměřovali na učební úlohy, které dosud nebyly předmětem výuky v rámci přírodovědy.

„Doporučení k revizi RVP ZV

- Zohlednit u očekávaných výstupů hierarchii fyzikálních konceptů a klást důraz především na výše postavené klíčové, substantivní a organizační koncepty.
- Upravit očekávané výstupy v oblasti elektromagnetických a světelných dějů tak, aby lépe vystihovaly vzájemnou vazbu mezi elektřinou a magnetismem a zahrnovaly tudíž i magnetické účinky elektrického proudu a jejich důsledky. Měla by tak být odstraněna současná nesymetrie, kde elektromagnetická indukce figuruje jak v očekávaných výstupech, tak i v samotném učivu, zatímco magnetické účinky elektrického proudu nikoliv.
- V oblasti světelných jevů zvážit zařazení výstupu, resp. učiva zaměřeného na samotný princip vzniku obrazu (bez zrcadla či čočky). Lze uvažovat např. o principu camery obscury či problematice přesvětlení.

Další doporučení k problematice ŠVP

- Významně zohlednit hodinovou dotaci fyziky v daném ročníku při tvorbě ŠVP a neřídit se automaticky obsahem učiva uvedeného pro daný ročník v učebnici (tj. vyhnout se častým situacím, kdy na

stejný objem učiva je v jedné škole jedna hodina týdně, zatímco v jiné dvě hodiny).

- Zvážit přesunutí tématu Hustota z 6. do 7. ročníku a jeho propojení s mechanikou tekutin (Archimédův zákon) ve školách, kde je fyzice v 6. ročníku věnována pouze jedna vyučovací hodina a v matematice není dostatečně procvičena práce se zlomky.
- Zvážit (zvláště u škol s 1 hodinou fyziky v 6. ročníku) i v souvislosti s rozdělením výstupů do jednotlivých uzlových bodů přesunutí magnetických vlastností elektrického proudu a elektromagnetu až do 8., resp. 9. ročníku k elektrodynamice tak, aby se žáci seznamovali s magnetickými účinky el. proudu a nedlouho poté s elektrickými účinky změny magnetického pole.
- Věnovat větší pozornost pochopení samotných základů optického zobrazování, a to především na základě experimentů s jednoduchými pomůckami.
- Důkladně analyzovat to, co bylo v dané škole skutečně probráno ve fyzikální části přírodovědy na 1. stupni a na to navazovat. Nevycházet z toho, co je o učivu 1. stupně uvedeno v učebnici fyziky či jinde. Podobně zohlednit konkrétní obsah předmětů, u nichž existují relevantní mezioborové souvislosti.“ (Kohout, 2018, s. 11)

10 Závěr, náměty na další výzkum

V předkládané monografii byl popsán první systematický výzkum realizovaný v oblasti fyziky a týkající se problematiky kritických a dynamických míst kurikula. Pro realizaci bylo v Úvodu formulováno celkem šest dílčích cílů výzkumu. První z nich se týkal upřesnění metodologického rámce a terminologie pro tuto oblast. Tento cíl byl splněn způsobem popsaným ve druhé kapitole této monografie, přičemž další doplňující informace k němu jsou k dispozici v článku Kohouta et al. (2018). Kritická místa bylo možné identifikovat jako problémy s fyzikálními koncepty, přičemž byla provedena hierarchizace těchto konceptů a na základě toho byl vyjasněn vztah kritických a klíčových míst kurikula. V oblasti dynamických míst byla formulována oborově specifická kritéria pro zařazení daného tématu do této množiny, přičemž zde byl akcentován přesah do oblasti kritických míst a důležitost kooperace mezi institucemi formálního a neformálního vzdělávání (science centry) v této oblasti.

Druhý dílčí cíl se týkal vytipování samotných kritických míst fyzikálního kurikula v 6. a 7. ročníku základní školy. Tento cíl byl splněn pomocí multikriteriálního přístupu zahrnujícího velmi detailní analýzy vnějších podmínek a kurikulárních dokumentů, výsledky testování znalostí žáků (Česká školní inspekce a srovnání TIMSS) stejně jako rozhovory s učiteli a zjišťování fyzikálních prekonceptů u žáků z 1. stupně. Základní výsledky jsou popsány v kapitole 4 a detaily k nim jsou uvedeny v několika tam odkazovaných časopiseckých studiích. Byla provedena syntéza poznatků z dílčích výzkumů a na jejich základě byla stanovena následující kritická místa:

- **Magnetické vlastnosti elektrického proudu a elektromagnet**
- **Magnetické pole a indukční čáry**
- **Hustota**
- **Čočky a zobrazování čočkami**
- **Hydrostatický tlak a Archimédův zákon**
- **Pascalův zákon a hydraulická zařízení**

V rámci třetího dílčího cíle bylo na základě stejných výzkumných technik jako u cíle předchozího realizováno a v kapitole 4.7 popsáno stanovení kvalifikovaného odhadu příčin kritičnosti těchto míst. Tyto příčiny přitom byly různorodé a zahrnovaly například nevhodné umístění tématu v kurikulu, nedostatečné vybavení pomůckami, matematickou nedostatečnost žáků, přílišnou abstraktnost a další faktory. Zde je třeba uvést, že se jedná pouze o kvalifikovaný odhad založený na ontodidaktickém hledisku bez hlubšího zohlednění hlediska psychodidaktického.

Čtvrtý dílčí cíl byl zaměřen do oblasti *evidence-based designu* výukových modulů sloužících k překonání kritických míst. Za tímto účelem byla provedena v kapitole páté detailní analýza týkající se pojetí daného tématu v odpovídajících českých kurikulárních dokumentech a rovněž v zahraničních učebnicích fyziky. Zásady pro tvorbu těchto modulů formulované v kapitole 7.1 i samotné moduly uvedené dále v 7. kapitole poté zohledňují významným způsobem poznatky získané v této analýze stejně jako zkušenosti učitelů, kteří se v rámci společenství praxe aktivně podíleli na stanovení struktury a celkového pojetí uvedených modulů.

V rámci pátého dílčího cíle byl realizován akční výzkum zaměřený na ověření daných modulů v praxi. Poznatky z tohoto ověřování uvedené v kapitole 8 ukazují, že všechny vytvořené moduly mají dle učitelů potenciál ke zlepšení situace a alespoň částečnému překonání kritických míst. To, jak velký tento potenciál je a do jaké míry se jej podaří naplnit, však bude možné říci až s odstupem času po provedení příslušných srovnání.

Konečně šestý dílčí cíl týkající se přínosu science center při řešení kritických míst kurikula a využití dynamických míst při popularizaci fyziky byl splněn způsobem popsaným v šesté kapitole. Zde bylo demonstrováno, jak mohou dynamická místa reflektující moderní trendy ve fyzice při vhodném uchopení vést žáky hravou formou rovněž k překonání kritických

míst kurikula. Navržené aktivity science center pak mají díky své atraktivitě potenciál zvýšit zájem žáků o fyziku. Při jejich realizaci je však třeba vyvarovat se didaktických formalismů¹¹³ a klást neustále důraz na rozvoj instrumentální zkušenosti u žáků tak, aby se z pohledu žáků nejednalo pouze o zajímavou hru, ale především o rozvíjení jejich fyzikálního myšlení.

Ačkoliv prezentovaná monografie představuje systematický náhled na problematiku kritických a dynamických míst v oblasti fyzikálního kurikula, je i z informací uvedených v rámci limitů výzkumu v 9. kapitole patrné, že jsme teprve na začátku bádání v této oblasti. Náměty na další výzkum můžeme formulovat následovně:

- Zaměřit se na určení kritických míst kurikula i ve vyšších ročnících základní školy případně na školách středních.
- Ve výzkumu kritických míst se zaměřit více na psychodidaktické hledisko a věnovat tedy pozornost samotným žákům a jejich chápání kritičnosti daných témat v závislosti na různých relevantních faktorech.
- Zabývat se specificky oblastmi, kde selhávají nadání žáci například při řešení

fyzikálních soutěží, a naopak, kde výrazněji než jinde selhávají žáci s nižší úrovní kognitivních schopností. Jinými slovy zohlednit, do jaké míry je možné kritičnost chápat globálně v rámci celé sledované populace, a do jaké míry je naopak třeba brát do úvahy jednotlivé sledované skupiny.

- Realizovat pedagogický výzkum zaměřený na to, jak efektivní jsou příslušné moduly při překonávání kritických míst přímo z hlediska výsledků žáků ve standardizovaných testech.
- Ověřit didaktickou účinnost exponátů a materiálů vytvořených v souvislosti s dynamickými místy kurikula a rovněž detailněji prozkoumat potenciál dynamických míst při překonávání míst kritických.

Uvedený přehled námětů na další výzkum v této oblasti určitě není vyčerpávající. Nezbývá než věřit, že vnější podmínky budou v dalších letech příznivé pro to, aby se zde uvedená problematika mohla dále rozvíjet. K tomu bude nepochybně třeba další spolupráce didaktiků, učitelů z praxe, zástupců science center a dalších odborníků v rámci společenství praxe.

¹¹³ Science centra přirozeně spadají do oblasti neformálního vzdělávání, i tak je však u nich riziko vzniku didaktických formalismů, a to především výše definovaného utajeného poznávání.

Literatura

- BURMEISTER, M. & EILKS, I. An example of learning about plastics and their evaluation as a contribution to Education for Sustainable Development in secondary school chemistry teaching. *Chemistry Education Research and Practice*, 2012, 13(2): 93–102.
- ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. 2018. Statistická ročenka 2018. Praha, Český statistický úřad [cit. 7. 10. 2019]. Dostupné na WWW: <<https://www.czso.cz/documents/10180/61431878/32019818.pdf/f7a76822-fe74-4caa-8031-6cf5963e125f?version=1.4>>
- ČESKÁ ŠKOLNÍ INSPEKCE. 2018. Rozvoj přírodovědné gramotnosti na základních a středních školách ve školním roce 2016/17. Praha, ČŠI [cit. 7. 10. 2019]. Dostupné na WWW: <<https://www.csicr.cz/getattachment/cz/Dokumenty/Tematicke-zpravy/Tematicka-zprava-%E2%80%93-Rozvoj-prirodovedne-gramotnosti/Rozvoj-prirodovedne-gramotnosti.pdf>>
- DVOŘÁK, D. 2009. Řazení učiva v soudobých teoriích kurikula. *Pedagogika*, 59(2): 136–152.
- DVOŘÁK, L. 2008. *Lze učit fyziku zajímavěji a lépe?: příručka pro učitele*. Matfyzpress, Praha. ISBN 978-80-7378-057-9.
- DVOŘÁK, L., KEKULE, M., ŽÁK, V. 2015. Didaktika fyziky včera, dnes a zítra, 123–157. In STUHLÍKOVÁ, I. & JANÍK, T. (Eds.) *Oborové didaktiky: vývoj–stav–perspektivy*. Masarykova univerzita, Brno.
- DVOŘÁKOVÁ, I. et al. 2013. Standardy pro základní vzdělávání. Fyzika [cit. 5. 10. 2019]. Dostupné na WWW: <<https://clanky.rvp.cz/wp-content/uploads/prilohy/17383/fyzika.pdf>>
- EILKS, Ingo; RALLE, Bernd. 2002. Participatory Action Research within chemical education. 87–98. In RALLE, B. & EILKS, I. (eds) *Research in chemical education-what does this mean*. Shaker, Aachen.
- Elixír do škol – pro radost z poznávání a učení. *Elixír do škol – pro radost z poznávání a učení* [online]. [cit. 29.12.2019]. Dostupné na WWW: <<https://www.elixirdoskol.cz/>>
- FEIERABEND, T. & EILKS, I. 2011. Innovating science teaching by participatory action research-reflections from an interdisciplinary project on curriculum development in the field of climate change. *Centre for Educational Policy Studies Journal*, 1, 93–112.
- Flexinol® – Často kladené dotazy – Smart Wires. *Flexinol | Nitinol | Shape Memory Alloys – Smart Wires* [online] [cit. 29.12.2019]. Dostupné na WWW: <https://smartwires.eu/index.php?id_cms=8&controller=cms&id_lang=7>
- Fyzika aktivně, aktuálně a s aplikacemi: Projekt OP Praha – Adaptabilita: Přírodní vědy a matematika na středních školách v Praze aktivně, aktuálně a s aplikacemi [online]. Praha, 2012 [cit. 2019-12-29]. Dostupné na WWW: <<https://kdf.mff.cuni.cz/projekty/oppa/>>
- HEJNOVÁ, E. 2017. Představy mladších žáků o gravitačním působení. *Matematika–fyzika–informatika*, 26(3), 202–215.
- HENDL, J. 2005. *Kvalitativní výzkum*. Portál, Praha. 408 pp.
- HÖFER, G. & SVOBODA, E. 2005. Některé výsledky celostátního výzkumu: Vztah žáků ZŠ a SŠ k výuce obecně a zvláště pak k výuce fyziky. In RAUNER, K. (ed), *Moderní trendy v přípravě*

učitelů fyziky 2 (p. 52–70). Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň.

JANIK, T., NAJVAR, P., SLAVÍK, J., & TRNA, J. 2009. On the dynamic nature of physics teachers' pedagogical content knowledge. *Orbis scholae*, 2009, 3(2): 47–62.

KOHOUT, J. 2018. Testování žáků ČŠI. In DVOŘÁK, L. DVOŘÁKOVÁ, I. & KOUDELKOVÁ, V (Eds.). *K problematice fyzikálního vzdělávání před revizemi RVP* (p. 4–6). NUV a FPS, Praha. Dostupné na WWW: <http://kdf.mff.cuni.cz/RVPfyzika/lib/exe/fetch.php?media=podkladova_studie.pdf>

KOHOUT, J., MOLLEROVÁ, M., MASOPUST, P., FEŘT, L., KÉHAR, O. & SLAVÍK, J. 2018. Kritická místa ve výuce fyziky na ZŠ – úvod do problematiky a možnosti výzkumu. *Arnica* 8: 26–34.

KOHOUT, J., MOLLEROVÁ, M., MASOPUST, P., FEŘT, L. & SLAVÍK, J. 2019. Kritická místa kurikula na základní škole pohledem mezinárodního šetření TIMSS a českých učitelů – poznatky z fyziky. *Pedagogická orientace*, 29(1): 5–42.

KOHOUT, J., MOLLEROVÁ, M., MASOPUST, P. & FEŘT, L. 2019. Stanovení kritických míst ve výuce fyziky na ZŠ na základě multikriteriálního přístupu a možnosti jejich překonání. *Arnica* 9: 1–14.

KOLÁŘOVÁ, R. 2013. Fyzika na základní škole po roce 1945 z pohledu vývoje školské soustavy a učebnic fyziky. *Matematika–fyzika–informatika*, 22(4), 31–46.

KVASZ, L. 2014. Mathematics and Experience. 117–129. In: M. C. GALAVOTTI, E. NEMETH a F. STADLER (eds) *European Philosophy of Science – Philosophy of Science in Europe and the Viennese Heritage*, Vienna Circle Institute Yearbook 17. Springer, Dordrecht.

LANCOR, R. 2014. Using metaphor theory to examine conceptions of energy in biology, chemistry, and physics. *Science & Education* 23(6): 1245–1267.

LAUDONIA, I. et al. Action research in science education—an analytical review of the literature. *Educational Action Research*, 2018, 26(3): 480–495.

LEPIL, O. 2013. K vývoji učebnic fyziky pro střední školu gymnaziálního typu. *Matematika–fyzika–informatika*, 22(4), 16–30.

MENTLÍK, P. 2015. Srovnání dynamiky vědeckých výstupů mezi geografickými obory v ČR (2012 až 2014) pro potřeby cílené didaktické transformace. *Arnica* 5: 1–11.

MENTLÍK, P., SLAVÍK, J. & COUFALOVÁ, J. 2018. Kritická, klíčová, dynamická místa kurikula a klíčové koncepty – konceptuální vymezení a příklady z výuky geověd. *Arnica*, 8: 9–18.

MOLLEROVÁ, M., KOHOUT, J., MASOPUST, P. & FEŘT, L. Nedostatek aprobovaných učitelů fyziky na západě Čech: bude hůř. *Matematika-fyzika-informatika*, 27(1): 46–54.

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY. 2016. Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání. MŠMT, Praha [cit. 7.10.2019]. Dostupné z WWW <<http://www.msmt.cz/file/43792/>>.

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY. 2019. Hlavní výstupy z mimořádného šetření ke stavu zajištění výuky učiteli v MŠ, ZŠ, SŠ a VOŠ. MŠMT, Praha [cit. 7.10.2019]. Dostupné z WWW <www.msmt.cz/file/50371_1_1/>.

- NATIONAL COUNCIL OF TEACHERS OF MATHEMATICS. 2006. [online]. *Curriculum Focal Points for Prekindergarten through Grade 8 Mathematics: A Quest for Coherence*. National Council of Teachers of Mathematics, Reston, VA. [cit. 2. 10. 2019]. Dostupné na WWW: <<https://www2.bc.edu/solomon-friedberg/mt190/nctm-focal-points.pdf>>.
- NEZVALOVÁ, D. Akční výzkum ve škole. *Pedagogika*, 2003, 53(3) 300–308.
- OHIO DEPARTMENT OF EDUCATION, 2017. [online]. *Mathematics – K-8 Critical Areas of Focus*. [cit. 2. 10. 2019]. Dostupné na WWW: <<https://education.ohio.gov/getattachment/Topics/Learning-in-Ohio/Mathematics/Ohio-s-Learning-Standards-in-Mathematics/Transitioning-to-the-2017-Learning-Standards-in-Ma/K-8-Critical-Areas-of-Focus-3-7-17.pdf.aspx>>.
- PAVELKOVÁ, A. *Akční výzkum v pedagogickém prostředí*. 2012. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Filozofická fakulta. Dostupné na WWW: <https://is.muni.cz/th/261283/ff_m/Akcni_vyzkum_v_pedagogickem_prostredi_.pdf>.
- REICHEL, J. 2009. *Kapitoly metodologie sociálních výzkumů*. Grada, Praha.
- RENDL, M. a kol. 2013. *Kritická místa matematiky na základní škole očima učitelů*. Univerzita Karlova, Praha.
- RENDL, M. & VONDROVÁ, N. 2014. Kritická místa v matematice u českých žáků na základě výsledků šetření TIMSS 2007. *Pedagogická orientace*, 24(1), 22–57.
- RUSEK, M., SLAVÍK, J., & NAJVAR, Petr. Obsahová konstrukce a didaktické uplatnění přírodovědného edukačního experimentu ve výuce na příkladu chemie. *Orbis Scholae*, 2016, 10(2), 71–91.
- Science centra – Česká asociace science center. *Science centra – Česká asociace science center* [online] [cit. 29.12.2019]. Dostupné na WWW: <<http://www.sciencecenter.cz>>
- SLAVÍK, J., JANÍK, T., NAJVAR, P. & KNECHT, P. 2017. *Transdisciplinární didaktika: o učitelském sdílení znalostí a zvyšování kvality výuky napříč obory*. Masarykova univerzita, Brno.
- SVOBODOVÁ, H., MÍSAŘOVÁ, D. & HOFMANN, E. 2016. Analýza školních vzdělávacích programů ve vztahu k terénní výuce. 292–302. In: *Sborník příspěvků Výroční konference České geografické společnosti Geografické myšlení jako aktuální společenská výzva*. Jihočeská univerzita, České Budějovice.
- ŠVAŘÍČEK, R. & ŠEDOVIČ, K. 2007. *Kvalitativní výzkum v pedagogických vědách*. Praha, Portál.
- TEXAS EDUCATION AGENCY, 2013. [online]. *Texas Response to Curriculum Focal Points Revised 2013*. [cit. 5. 10. 2019]. Dostupné na WWW: <<https://www.texasgateway.org/sites/default/files/resources/documents/TXRCFPrevised2013.pdf>>.
- VONDROVÁ, N. & RENDL, M. (2017). *Kritická místa matematiky základní školy v řešeních žáků*. Univerzita Karlova, Praha.

Resume

This monograph represents a complex empirical research focusing on not yet studied topic of critical spots of curriculum and dynamic spots in the introductory physics education (age of 11–13 in Czech Republic). The research was carried out in the project Didactics A – Man and Nature. In the Introduction, the state-of-the art of the topic in the related disciplines (especially mathematics) and the objectives of the study as well as the corresponding research questions were clearly stated. In Chapter 2, the theoretical background was given, the appropriate terminology was developed and the topic was set into the general framework of transdisciplinary didactics. An estimated typology of critical spots was presented based on the hierarchy of concepts in physics involving crosscutting, substantive, organizational and applied concepts. The dynamic spots closely connected to the rapidly evolving areas of physics having simultaneously a potential for the didactic transformation were also specified. Chapter 3 provides the methodological background of the multi-criterion research aiming on the identification of the critical spots and their causes. In Chapter 4, the results of the individual studies carried out with this purpose in mind and involving for example in-depth going semi-structural interviews with these teachers, an analysis of tasks from the cognitive domain Physics of the international assessment TIMSS and an analysis of the results of a survey conducted by Czech School Inspection were presented. Based on the synthesis of the findings from the individual studies, we have identified six spots which may be described as critical for the introductory part of the physics education (density, magnetic field and field lines, electromagnet, Pascal's law, Archimedes' law and optics, particularly lenses). The next chapter focused on a detailed analysis of the content of the relevant curriculum documents in the Czech Republic and the physics textbooks used in five European countries. These results

in the international surveys suggest that their approaches could serve as an inspiration for us. It was crucial for the evidence-based design of teaching modules which were developed with the aim to overcome the critical spots and facilitate the teachers dealing with the corresponding misconceptions. These modules are presented in detail in Chapter 7 of the monograph after Chapter 6 focusing on potential of science centres to deal with the critical spots as well as on their activities in the field of dynamic spots. The development of the teaching modules and their verification was carried out in close cooperation with the teachers from praxis in the framework of participatory action research. Its theoretical background, methodology and results were presented in detail in Chapter 8. It was shown that the developed modules had (based of the statements of the participating teachers) a significant potential for the improvement in this field. However, an in-depth going verification of the modules in larger sample using validated research tools is still to be done which was discussed together with other relevant limitations of the research and related issues in Chapter 9. In this chapter, we have also outlined some recommendations regarding possible changes in the relevant curriculum documents in the Czech Republic. The final chapter of the monograph included conclusions of the research as well as some suggestions for next steps in the covering of this (till now) underdeveloped topic having nevertheless, in our opinion, a significant potential in the improving of the introductory physics education.

Keywords:

Critical spots of curriculum, physics education research, semi-structural interviews, conceptual physics, hierarchy of concepts, multi-criterion approach, evidence-based design, curriculum documents, participatory action research, teaching modules

Věcný rejstřík

A

akční výzkum 2, 3, 4, 114, 115, 131
Archimédův zákon 14, 17, 25, 26, 27, 28, 30, 33,
34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 82, 96, 97,
102, 116, 122, 125, 126, 130, 131

C

cíle výzkumu 2, 8, 131
cívka 26, 27, 31, 36, 55, 56, 57, 60, 62, 66, 119

Č

Česká školní inspekce (ČŠI) 8, 21, 133, 134
čočky 16, 27, 30, 32, 37, 85, 91, 92, 93, 94, 95,
121, 130

D

didaktické formalismy
odcizené poznávání 23, 24, 25
utajené poznávání 24, 132
dírková komora 85, 86, 89, 95, 121
dynamická místa kurikula 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 43,
44, 46, 131, 132, 134

E

elektromagnet 14, 16, 19, 20, 24, 26, 27, 28, 31,
36, 40, 47, 53, 57, 58, 59, 60, 116, 119, 124, 125,
126, 131
evidence-based design 2, 4, 29, 32, 131, 136
exponáty 43

H

hierarchie konceptů 5, 9
hodinová dotace fyziky 13, 18
hustota 5, 13, 17, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30,
31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44,
76, 77, 79, 80, 82, 84, 102, 103, 112, 116, 120,
125, 126, 129, 130, 131

I

instrumentalizace zkušenosti 24, 129, 132

K

klíčová místa kurikula 1, 6, 17
koncept 5, 6, 24, 130, 131, 134
konceptuální fyzika 1, 3, 5, 129, 134
kritická místa kurikula 1, 2, 4, 5, 7, 9, 11, 15, 17,
19, 21, 23, 24, 25, 26, 30, 32, 37, 40, 42, 44, 47,
63, 128, 129, 131
kurikulární dokumenty 2, 3, 4, 18, 27, 28, 42, 131

L

laboratorní práce 23, 25, 26, 27, 34, 50
Likertova škála 117, 127

M

magnetické indukční čáry 13, 16, 19, 24, 26, 27,
28, 31, 32, 36, 40, 44, 45, 47, 53, 57, 62, 63,
64, 65, 67, 68, 69, 70, 71, 73, 75, 85, 116, 118,
124, 126, 131
magnetické pole 13, 24, 26, 27, 31, 32, 34, 36,
37, 45, 47, 48, 49, 53, 54, 55, 56, 57, 60, 61,
62, 63, 64, 65, 66, 75, 116, 119, 125, 126, 130,
131
matematická nedostatečnost žáků 5, 9, 11, 12,
16, 18, 20, 23, 24, 25, 131
matematika 1, 2, 5, 9, 11, 15, 16, 17, 18, 23, 38,
40, 133, 135
materiální didaktické prostředky 19
mentální reprezentace obsahu 24, 25
mezinárodní srovnávací šetření PISA 8, 20, 51,
128
mezinárodní srovnávací šetření TIMSS 3, 8, 9,
19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 32, 51, 128, 131, 134,
135, 136
miskoncepce 8, 23, 34, 128, 129
moduly 2, 3, 4, 42, 51, 52, 114, 115, 116, 117, 124,
126, 128, 131, 132

N

nemateriální didaktické prostředky 19

O

ontodidaktika 20, 128, 131
osnovy 26, 27

P

participanti výzkumu 16, 17, 18
Pascalův zákon 14, 17, 25, 26, 27, 28, 30, 33, 34,
36, 37, 39, 40, 42, 44, 104, 105, 106, 108, 109,
110, 112, 113, 116, 123, 126, 131
polostrukturované rozhovory s učiteli 3, 8, 9,
15, 16, 18, 22, 128, 131
posloupnost učiva fyziky 2, 4, 8, 15, 23, 24, 27,
28, 128
prekoncept 3, 9, 21, 22, 23, 128, 129, 131
příčiny kritičnosti 2, 20, 22, 23, 24, 25, 51, 52,
85, 128, 131
psychodidaktika 20, 128, 131, 132

R

rámcový vzdělávací program 2, 18, 20, 26, 27,
28, 43, 127, 128, 129, 130, 134
reflexe modulů 115, 124

S

science centra 1, 2, 3, 4, 6, 7, 11, 18, 25, 43, 44,
45, 46, 50, 131, 132, 133, 134, 135, 136
spirálové pojetí kurikula 1, 6

Š

školní vzdělávací program 5, 8, 11, 13, 15, 18,
23, 24, 26, 28, 52, 130

T

tazatelské otázky 9, 11, 17

V

videoexperiment 52, 77, 102, 124
výzkumné otázky 3, 8, 11, 17
vzdělávací standardy 27

Z

zahraniční učebnice fyziky 2, 3, 4, 26, 29, 42,
131
základní analytické jednotky 9, 13, 15, 16
základní školy 1, 2, 4, 6, 18, 20, 22, 26, 28, 42,
43, 46, 49, 124, 129, 131, 132, 135

