



**MATEMATICKO-FYZIKÁLNÍ
FAKULTA**
Univerzita Karlova

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Michaela Arnoštová

Pokusy z mechaniky zaměřené na chybné představy žáků

Katedra didaktiky fyziky

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Dana Mandíková, CSc.

Studijní program: Fyzika se zaměřením na vzdělávání

Praha 2024

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

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

V Praze dne 18. 7. 2024

Michaela Arnoštová

Ráda bych zde velmi poděkovala vedoucí své bakalářské práce RNDr. Daně Mandíkové, CSc. za veškerou pomoc s bakalářskou prací. Jsem jí moc vděčná za trpělivost, ochotu a rady, kterých se mi dostalo.

Dále děkuji své sestře Anetě Arnoštové za pomoc s realizací pokusů a podporu při psaní, Mgr. Jakubu Jermářovi za zapůjčení pomůcek a dobré rady a doc. RNDr. Petru Kácovskému, Ph.D. za podání pomocné ruky při práci s elektronickou Sbírkou fyzikálních pokusů.

Na závěr děkuji svému příteli, rodině a všem, kteří mne podporovali a byli ochotni zodpovídat mé otázky. A také triu potkánek, kteří mi při psaní poskytovali společnost nehledě na denní dobu.

Název práce: Pokusy z mechaniky zaměřené na chybné představy žáků

Autor: Michaela Arnoštová

Katedra: Katedra didaktiky fyziky

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Dana Mandíková, CSc., Katedra didaktiky fyziky

Abstrakt:

Cílem této bakalářské práce bylo zpracování pokusů z mechaniky, které by mohly být zařazeny do elektronické Sbírkou fyzikálních pokusů. Dále byla práce zaměřena na seznámení se s typickými žákovskými miskoncepcemi v mechanice, konkrétně pak s těmi týkajícími se třetího Newtonova zákona. Zpracováno bylo deset návodů na pokusy se zaměřením na nabourávání těchto miskoncepcí. Měly by sloužit jako inspirace pro učitele, kteří je mohou využít pro předvádění pokusů ve své výuce. Ze vzorových výsledků mohou čerpat i žáci, kteří se chtějí s experimentem seznámit, aniž by jej museli provádět. V průběhu tvorby pokusů proběhlo seznámení s elektronickou Sbírkou fyzikálních pokusů. Ta je v práci stručně představena spolu se strukturou tvorby pokusu.

Klíčová slova: pokusy, mechanika, miskoncepce

Title: Experiments in mechanics focused on students' misconceptions

Author: Michaela Arnoštová

Department: Department of Physics Education

Supervisor: RNDr. Dana Mandíková, CSc., Department of Physics Education

Abstract:

The goal of this bachelor's thesis was to prepare a series of experiments in the field of mechanics which could then be included in the electronic Collection of Physics Experiments. The thesis was focused on introducing young students' most common misconceptions in mechanics, specifically those having to do with Newton's third law. The thesis includes ten sets of instructions for experiments focusing on deconstructing these misconceptions. The instructions may serve as inspiration for teachers who wish to demonstrate the experiments within their class. The examples in this thesis may also be used by students who wish to familiarize themselves with the experiments without having to conduct them on their own. While working on this thesis, I have become familiar with the electronic version of the Collection of Physics Experiments which is briefly introduced along with the structure of the experiment design.

Keywords: experiments, mechanics, misconceptions

Obsah

Obsah.....	1
1 Úvod.....	1
1.1 Vymezení problematiky	1
1.2 Cíl práce	1
1.3 Struktura práce	1
2 Žákovské prekoncepce ve fyzice.....	3
2.1 Stručně o tom, co jsou to prekoncepce a miskoncepce	3
2.2 Miskoncepce související s Newtonovými zákony	4
2.2.1 Relativnost klidu a pohybu.....	4
2.2.2 Pohyb a síla	4
2.2.3 Síla.....	5
2.2.4 Vzájemné silové působení těles	6
2.3 Miskoncepce související s 3. Newtonovým zákonem.....	6
2.3.1 „Větší těleso, větší síla“	7
2.3.2 „Větší rychlost, větší síla“	7
2.3.3 „Akce je větší než reakce, pokud se tělesa pohybují“	8
2.3.4 „Akce působí dříve než reakce“	8
2.3.5 „Problém s přetahováním“	9
2.3.6 „Silou mohou působit jen živé objekty nebo pohybující se tělesa“	9
2.3.7 „Síly akce a reakce působí na totéž těleso, mohou se sčítat a v případě stejné velikosti se vyruší“	10
2.4 Kde lze na vybrané miskoncepce v rámci učiva ZŠ a SŠ narazit (podle učebnic)	11
2.4.1 Základní škola	11
2.4.2 Střední škola.....	19
3 Elektronická sbírka pokusů	20
3.1 Stručné představení elektronické sbírky pokusů	20
3.2 Struktura zpracování pokusů	21
4 Vlastní pokusy.....	23
4.1 Přehled zpracovaných pokusů	24
4.1.1 Odpuzující se magnety (4480)	24
4.1.2 Odstrkování vozíčků (4479).....	24
4.1.3 Pružná srážka a působící síly (4478)	24
4.1.4 Přetahování (4481)	25
4.1.5 Přitahování vozíků gumičkou I (4482).....	25
4.1.6 Přitahování vozíků gumičkou II (4483)	25
4.1.7 Působí silou stěna? (4484).....	26
4.1.8 Síly v napnutém provazu (4485)	26
4.1.9 Vzájemné působení siloměrů s pružinami o různé tuhosti (4486)	26
4.1.10 Vrtulový pohon a plachta (4487)	27
4.2 Tvorba pokusu	27
5 Závěr.....	28
Seznam použité literatury	29
Přílohy	31

1 Úvod

1.1 Vymezení problematiky

V této bakalářské práci se zabývám typickými žákovskými miskoncepcemi v mechanice, konkrétně se zaměřuji na Newtonovy zákony. V návaznosti na tyto miskoncepce jsem vytvořila sadu pokusů, které je mohou pomoci nabourávat či odstraňovat. Pokusy jsem zpracovala do elektronické Sbírkky fyzikálních pokusů, kterou v rámci práce krátce představuji.

1.2 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je vytvoření sady pokusů z mechaniky, které by mohly pomoci v odstraňování typických žákovských miskoncepcí týkajících se třetího Newtonova zákona. Tyto pokusy jsou zpracovány tak, aby mohly rozšířit elektronickou Sbírkku fyzikálních pokusů v oblasti mechaniky, kde je spolu s oblastí mechanického kmitání a vlnění pokusů zveřejněno nejméně.

1.3 Struktura práce

Práce sestává z úvodu, tří kapitol, závěru a jedné přílohy. V rámci úvodu je vymezena problematika, kterou se práce zabývá, a je stanoven cíl práce.

První kapitola se zabývá problematikou žákovských prekonceptů a miskoncepcí ve fyzice. Jsou zde uvedeny příklady miskoncepcí souvisejících s Newtonovými zákony, blíže jsou pak rozebrány miskoncepce související s třetím Newtonovým zákonem. U těchto vybraných miskoncepcí je v poslední podkapitole popsáno, kde se s nimi lze podle učebnic v rámci ZŠ a SŠ učiva setkat.

Ve druhé kapitole je představena elektronická Sbírkka fyzikálních pokusů. Je zde přehled oblastí fyziky, které sbírka zpracovává, a počtu pokusů k nim zveřejněným. Dále je v této kapitole popsána struktura zpracování pokusů do Sbírkky.

V rámci třetí kapitoly jsou uvedeny vlastní zpracované pokusy přidané do Sbírkky fyzikálních pokusů. U každého pokusu je uveden kód, pod kterým jej lze ve Sbírcce najít, a krátké shrnutí obsahu pokusu. Nakonec je zde popsána technická stránka tvorby pokusu.

Příloha je rozdělena do dvou částí. Příloha 1 je vytištěná a obsahuje čtyři zpracované pokusy. Příloha 2 je nahrána na přiloženém DVD a obsahuje deset pokusů zpracovaných do elektronické Sbírký řešených úloh a pět videí vytvořených jako vzorové výsledky k některým pokusům.

2 Žákovské prekoncepce ve fyzice

2.1 Stručně o tom, co jsou to prekoncepce a miskoncepce

Zdroj [1, s. 7-27].

Prekoncepce a miskoncepce jsou relativně nový fenomén, aplikovaný do výuky fyziky. Prekoncepce, či prekoncepty, myslíme intuitivní představy žáka o světě. Tvoří se zkoumáním okolí, na základě smyslových vjemů, pozorování jevů, manipulace se svým okolím a vlastními zkušenostmi. S prekoncepce žák přichází do vzdělávacího systému a porovnává je s poznatky předloženými učitelem. Pokud je prekoncepce v souladu s učivem, pomůže to žákovi s přijetím nových poznatků. Prekoncepce, které jsou v rozporu s novými poznatky, naopak brání jejich přijetí a snižují efektivitu výuky. Kvůli vzniku „přirozenou cestou“ jsou prekoncepce mnohem odolnější, než koncepty prezentované a přijímané ve školní výuce. Prekoncepce, se kterou žák přišel do výuky, se často zachová vedle vyučovaného konceptu. Zatímco ten je využit ve školních situacích a problémech, prekoncepce přetrvává v běžném myšlení. Prekoncepce jsou nezávislé na státní příslušnosti (stejně prekoncepce měli žáci na americké a japonské střední škole), věku (idea prekoncepce se zachovává, jen je formulována jinak) a studijních výsledcích žáka (žák s výbornými výsledky ve škole užívá poznatky prezentované ve výuce, v úvahách mimo školní situace se vrací k prekoncepti).

Jako miskoncepce pak označujeme chybné představy, které se objevily při procesu učení či po absolvování výuky. Miskoncepce mohou vznikat prolutím chybné prekoncepce a poznatků z výuky. Někdy bývá jako miskoncepce označovaná přímo chybná prekoncepce.

Učitel by si měl uvědomovat, že žáci do výuky přichází již s vlastními představami, očekáváními a způsobem myšlení. Je tím hluboce ovlivněno jejich učení a přijímání nových poznatků. Vývoj prekonceptů u žáka je podobný celkovému vývoji lidského poznání a je přirozený. Mnoho poznatků (například o síle či energii), které jsou prezentovány žákům, prošlo historicky dlouhým a náročným vývojem. Stejně tak se před setkáním s tématy ve fyzice žák seznamoval s vlastnostmi světa kolem něj a jeho vnímání a poznávání se postupně vyvíjelo. Prekoncepce

a miskoncepce žáků jsou tak pochopitelné a očekávatelné. Ve výuce je možno z prekonceptů vycházet a pracovat s nimi, je ale třeba se zaměřit na to, aby si žák sám uvědomil, že jeho chybná prekoncepce nebyla v souladu s fyzikálními poznatky.

2.2 Miskoncepce související s Newtonovými zákony

V této kapitole krátce představím některé nejčastější miskoncepce z oblasti dynamiky, konkrétně související s Newtonovými zákony podle [1]. Miskoncepce budou rozděleny podle tématu, ke kterému se vztahují.

2.2.1 Relativnost klidu a pohybu

Zdroj [1, s. 76–78].

Klid a pohyb jsou relativní, v závislosti na vztažném systému, ke kterému je popisujeme. Častou miskonceptí je užívání absolutního vztažného systému, kdy je nějaký vztažný systém považován za „přirozený“. Takový systém (většinou povrch Země) je pak považován za systém v klidu, ostatní systémy se vůči němu pohybují. Z toho plyne další miskoncepce a to, že jsou klid a pohyb považovány za zásadně odlišné.

Další miskonceptí je pak představa, že při oddělení jednoho tělesa z pohybujícího se systému toto těleso ztrácí původní složku pohybu (rychlosti).

2.2.2 Pohyb a síla

Zdroj [1, s. 78–86].

Typické miskoncepce se týkají propojení pohybu a síly. Jakmile žáci s touto miskonceptí vidí, že se těleso pohybuje (včetně rovnoměrného přímočarého pohybu), přiřadí tomuto tělesu sílu, která na něj působí ve směru pohybu, tedy ve směru rychlosti. Tato miskoncepce bývá rozšířena i pro křivočarý pohyb tělesa, kdy je předpokládána síla působící tečně k jeho trajektorii. Podobně postavena je miskoncepce, že na těleso, které je v klidu, nepůsobí žádné síly.

Tím, že je síla v rámci těchto miskonceptí propojována s pohybem a jeho rychlostí, se u žáků vyskytuje chybná představa, že se síla, která těleso do pohybu uvedla, přenesla na těleso a působí na něj i v dalším průběhu pohybu. Na těleso, které

se pohybuje rychleji, se tak přenesla větší síla a ta se jej „drží“. Další častou miskoncepcí je to, že síla, která těleso uvedla do pohybu, na něj musí působit po celou dobu, jinak se těleso zastaví.

Na druhou stranu se vyskytuje také častá miskoncepce, že pohybující se těleso zachovává tvar trajektorie i poté, co přestanou působit vazbové síly. Žák s touto miskoncepcí bude tvrdit, že pokud točíme předmětem na provázku a provázek se přetrhne, bude těleso pokračovat v kruhové trajektorii, či se z ní jen mírně vychýlí.

2.2.3 Síla

Zdroj [1, s. 86–93].

V případě chápání pojmu síla žáci často vychází z vlastní běžné zkušenosti, která může být v rozporu s fyzikálním významem tohoto pojmu. Působení silou pro ně tak znamená aktivitu toho, kdo působí. Působit silou také mohou pouze pohybující se tělesa či živé objekty, výjimkou jsou motory, magnety či nabitá tělesa a napnutá vlákna a pružiny. Síla je v rámci této miskoncepce považována za schopnost, kterou mají živé objekty. Ty „předávají“ sílu dalším, neživým, objektům – například guma získá sílu tím, že ji člověk napne. Síla, která byla rozpoříváním dodána objektu, je pak postupně spotřebovávána v průběhu pohybu a ten se tak zpomaluje.

Neživé objekty pak nepůsobí silou, ale v rámci miskoncepce mohou působit jako „odpory pohybu“, přičemž „odpor pohybu“ a síla jsou podle žáků rozdílné pojmy. Aby bylo možno něco uvést do pohybu, je potřeba, aby síla byla „silnější“ než „odpor“.

Často bývají zaměňovány pojmy síla, hybnost a energie, což může být zdrojem miskoncepcí uvedených výše. Možný původ tohoto problému lze hledat v nesouladu mezi „běžným“ a fyzikálním chápáním slova síla. Miskoncepce s tímto spojené se dají nabourat tím, že pojem síla korektně definujeme a domluvíme se se žáky na jeho fyzikálním významu.

2.2.4 Vzájemné silové působení těles

Zdroj [1, s. 93–97].

Miskoncepce týkající se tohoto tématu jsou většinou v rozporu s třetím Newtonovým zákonem. Patří sem například miskoncepce typu „větší působí více“, kterou lze nalézt i v dalších oblastech fyziky. Žáci mají představu, že větší těleso působí na menší těleso větší silou. Pojmy větší a menší lze v této formulaci nahradit například dvojicemi pojmů těžší – lehčí, silnější – slabší, tvrdší – měkčí či dalšími. Do této skupiny miskonceptů by bylo možno zařadit i následující související s rychlostí. Děti mohou tvrdit, že při srážce těles srovnatelných rozměrů působí to, které se pohybovalo rychleji, větší silou než pomalejší těleso. Obdobná úvaha je v případě miskoncepce, kdy žáci tvrdí, že pokud se při srážce jedno těleso deformuje a druhé ne, to nedeformované působilo větší silou.

Další typickou miskonceptí je, že žáci považují „akci“ za větší než „reakci“, pokud se po vzájemném silovém působení tělesa pohybují. Zároveň se u některých žáků můžeme setkat s představou, že síly akce působí dříve než síly reakce. Toto je opět pravděpodobně dáno „běžným“ chápáním slov akce a reakce a neaplikováním fyzikálního významu těchto slov.

Opakující se žakovskou miskonceptí je pak i představa, že síly akce a reakce působí na jedno těleso a díky tomu se mohou sčítat, a pokud jsou stejně velké, jejich výslednice může být nulová. Tato miskoncepce je založena na tom, že žáci neurčí korektně dvojici objektů, které na sebe vzájemně působí a působení sil akce a reakce tak přiřadí jednomu tělesu.

2.3 Miskoncepce související s 3. Newtonovým zákonem

V této kapitole charakterizují typické žakovské miskoncepce týkající se třetího Newtonova zákona. Ke každé miskoncepti jsou dále uvedeny úlohy, ve kterých je na ni možno narazit, a experimenty, které lze využít ve výuce k nabourávání dané miskoncepce.

2.3.1 “Větší těleso, větší síla“

Zdroj [1, s. 93–95].

Tato miskoncepce je shrnutím více konkrétnějších miskonceptů. Žáci často mylně uvažují, že bude platit úměra „čím víc, tím větší“. Krom miskonceptu, že větší těleso působí na menší těleso větší silou se tak můžeme setkat s dalšími podobně strukturovanými miskoncepty, například, že hmotnější těleso působí na lehčí těleso větší silou. Dále, že silnější magnet působí na slabší magnet větší silou, či že pružina s větší tuhostí působí na pružinu s menší tuhostí větší silou.

Mezi typické úlohy, u kterých lze na tuto žákovskou miskoncepti narazit, patří úlohy, kde je zadáno nakreslit gravitační sílu působící mezi dvěma tělesy s výrazně rozdílnou hmotností, například mezi Zemí a obíhající družicí, případně Coulombovskou sílu působící mezi dvěma různě velkými náboji. Další úlohou, ve které lze odhalit u žáků tuto miskoncepti, je napínání siloměrů s různými tuhostmi pružiny, ve které žáci často chybně odpovídají, že siloměr s pružinou s větší tuhostí bude působit větší silou.

Poslední zmíněnou úlohu je vhodné následně demonstrovat formou pokusu, při kterém si žáci mohou vyzkoušet, že siloměry s pružinami s různou tuhostí při napínání působí navzájem stejně velkou silou. Další pokusy se dají předvést pomocí vozíčků se zabudovanými siloměry. Ty lze různě zatěžovat a provádět s nimi pružné srážky, či je nechat odstrkovat pomocí odpuzujících se magnetů.

2.3.2 „Větší rychlost, větší síla“

Zdroj [1, s. 93, 95].

Jde o typickou žákovskou miskoncepti, která je podobná konceptu „čím víc, tím větší“ zmíněnému výše. Žáci s touto miskoncepti nám budou tvrdit, že při srážce dvou těles srovnatelných rozměrů rychlejší těleso působí větší silou než těleso pomalejší.

Typickou úlohou je pak srážka jedoucího a stojícího auta, případně auta a stromu. Žáci s touto miskoncepti budou tvrdit, že stojící objekt silou nepůsobí, nebo působí jen malou silou oproti síle objektu, který měl nějakou rychlost.

Miskoncepce lze nabourat pokusy, ve kterých předvádíme pružné srážky vozíčků se zabudovanými siloměry. Stejně zatížené vozíčky necháme srazit, když jednu proti sobě a když jeden vozík stojí a druhý jede. Ekvivalentně lze pokus provést s pružinovými siloměry, kdy jeden siloměr přichytíme například na těžké závaží, druhý siloměr s ním spojíme a taháme za něj. Naše ruka pak slouží jako pohybující se těleso, závaží jako těleso v klidu. Siloměry ukáží, že jak naše ruka, tak závaží působí stejně velkými silami.

2.3.3 „Akce je větší než reakce, pokud se tělesa pohybují“

Zdroj [1, s. 94, 96].

V této miskoncepce žáci za „akci“ považují sílu, kterou působí živý objekt, „reakcí“ se pak těleso, na které je působeno, brání. Aby bylo těleso uvedeno do pohybu, musí pak akce být větší než reakce.

Nejčastěji se tato miskoncepce projeví v úlohách, kdy někdo něco tlačí či táhne. Typickou úlohou je 6.38 uvedená v [1, s. 96]. Chlapec v ní tlačí vozík, žáci mají zakreslit síly, kterými na sebe chlapec a vozík působí. Typickou chybnou odpovědí je, že chlapcova síla musí být větší než síla, kterou působí vozík na chlapce.

V rámci pokusů je nejvhodnější toto předvést s použitím siloměrů. Například můžeme zaháknout siloměr za zatížený vozík, spojit ho s druhým siloměrem a za ten vozík táhnout. Můžeme pozorovat, že naměřené velikosti sil jsou stejné.

2.3.4 „Akce působí dříve než reakce“

Zdroj [1, s. 94].

Tato miskoncepce vychází pravděpodobně z rozdílu mezi „fyzikálním“ a „běžným“ chápáním slov akce a reakce. Z běžné zkušenosti žáci tvrdí, že „akce“ se stane a následuje „reakce“ na ni. Fyzikální význam těchto slov je ovšem odlišný.

Miskoncepce odhalíme nejčastěji při diskuzích o výsledcích experimentu, který k tomuto tématu chceme předvést. Tedy, když se žáků přímo zeptáme, jaké síly budou v průběhu pokusu působit. Vhodné pokusy jsou jakékoliv, kde můžeme v reálném čase měřit působící sílu. V průběhu mé vlastní práce se osvědčilo použití

voziků se zabudovanými siloměry od firmy Vernier [2], které umožňují zobrazit vývoj velikosti působící síly v čase.

2.3.5 „Problém s přetahováním“

Zdroj [1, s. 95].

Tento problém je založen na úloze 6.35 z [1, s. 95], ve které se přetahují dva chlapci a žáci mají porovnat velikosti působících sil v případech, kdy vyhrává první chlapec a kdy vyhrává druhý chlapec. Typickou chybnou odpovědí je, že větší silou působí vyhrávající chlapec. Rozdíly přetahování jsou však dány různou velikostí třecí síly mezi nohama a podlahou a oba chlapci na sebe prostřednictvím lana působí stejně velkými silami opačných směrů.

Lze vymyslet podobné úlohy, ve kterých se dvě bytosti o něco přetahují a jedna z nich vyhrává. Krom přetahujících se dětí se mohou například tahat kosáci o žízalu.

V rámci experimentů lze nechat děti, aby se přetahovaly přes spojené siloměry. Ty budou ukazovat stejnou velikost sil.

2.3.6 „Silou mohou působit jen živé objekty nebo pohybující se tělesa“

Zdroj [1, s. 86-88].

Někteří žáci předpokládají, že silou mohou působit pouze živé objekty nebo pohybující se tělesa s výjimkami v podobě motorů, magnetů a napnutých vláken či pružin. Nepředpokládají tak, že by nehybné neživé objekty mohly působit silou ani v rámci vzájemného silového působení.

Úlohy, ve kterých můžeme zaznamenat chybné odpovědi zaviněné touto miskoncepcí, jsou úlohy 6.28, 6.29 a 6.30 uvedené v [1, s. 87-88]. Jsou v nich uvedeny otázky na působící síly, kdy jedno (či obě) tělesa jsou nehybná a neživá. Konkrétně mají otázky tato znění: „Působí nějaké síly, tlačí-li člověk rukou na stěnu?“, „Jaké síly působí na knihu, když ji člověk drží v ruce, a jaké, když kniha leží na stole?“ a „Cyklista na kole přestane šlapat. Nebrzdí a kolo postupně zpomaluje, Působí na kolo v této situaci nějaká síla?“

Experimentálně lze předvést nejsnáze nejspíš silové působení stěny. Na háček ve stěně upevníme siloměr spojený s druhým siloměrem, za který taháme. Oba siloměry naměří stejnou velikost síly.

2.3.7 „Síly akce a reakce působí na totéž těleso, mohou se sčítat a v případě stejné velikosti se vyruší“

Zdroj [1, s. 94].

Tato miskoncepce je založena na neidentifikování dvojice na sebe působících objektů. Často například žáci jako reakci k síle, kterou přitahuje Země knihu, která leží na stole, uvedou chybně sílu, kterou do knihy tlačí stůl. To je ale reakce na sílu, kterou kniha tlačí do stolu. Působení domnělých sil akce a reakce tak žáci s touto miskonceptí přiřadí jednomu z těles (knize). Pokud si tuto chybu neuvědomí, pracují s nimi, jako by se jednalo o síly působící na jedno těleso. Takové síly pak sečtou a v případě, že je zvolili stejně velké, bude jejich výslednice nulová.

Úlohou, ve které můžeme na tuto miskoncepti narazit, je vyznačování působících sil. Například můžeme žákům dát nákres dvou vozíčků, které držíme na napnuté pružině, a požádat je, aby zakreslili působící síly. Žáci mohou u jednoho vozíčku zvolit sílu, kterou na vozíček působí pružina, jako akci a sílu, kterou ho drží ruka, jako reakci vozíčku.

Nabourat tuto miskoncepti můžeme pokusem, ve kterém uvedeme úlohu popsanou výše do praxe. Dva vozíčky se zabudovaným siloměrem, či s připevněným pružinovým siloměrem, spojíme napnutou gumičkou či pružinou. Žáci si tak mohou porovnat svou představu z nákresu s měřením. Na siloměrech uvidí, že každý z vozíčků působí silou o stejné velikosti. Když následně vozíčky pustíme, síly akce a reakce je rozpohybují proti sobě.

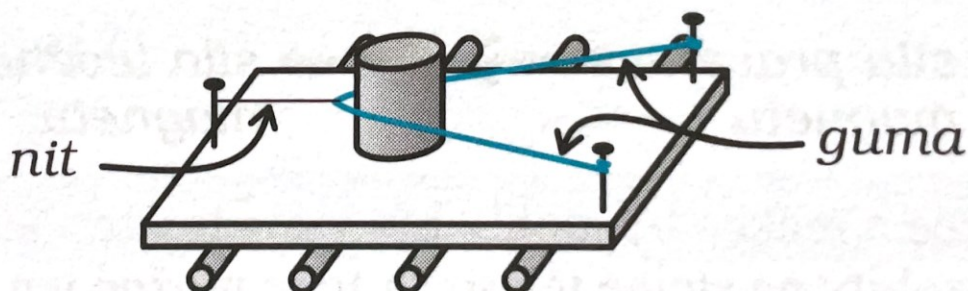
2.4 Kde lze na vybrané miskoncepce v rámci učiva ZŠ a SŠ narazit (podle učebnic)

2.4.1 Základní škola

Macháček – nakladatelství Prometheus [3]

V této sadě učebnic se o silách a následně o Newtonových zákonech píše ve 2. díle určeném pro 7. ročník základní školy či 2. ročník osmiletých gymnázií. Téma sil je zde představeno po probrání pohybu. Nejprve je uveden pojem síla, je probráno skládání sil, třecí síla a tlak. Následují dvě kapitoly věnované Newtonovým zákonům. Na ně je navázáno kapitolami o páce a o těžišti a stabilitě.

Třetí Newtonův zákon je zde představen pomocí situací, které žáci znají ze života, jako například odstrkování se od stěny na bruslích či odpuzování magnetů. Dále jsou zde navrženy jednoduché pokusy vysvětlující, jak funguje zákon akce a reakce. Pro příklad uvedu návrh na pokus tak, jak je napsán v učebnici [3, s. 57]: „Do prkýnka zatlučte tři hřebíky, udělejte „prak“. Položte ho na kulatou tužku a přestříhnete nit. Prak působí silou na železný váleček a vystřelí ho. Váleček působí na prak opačně a „rozjede ho“.“ Pokus doprovází obrázek 1.



Obrázek 1: ilustrace pokusu s „prakem“ z učebnice od Macháčka [3, s. 57]

V učebnici je upozorněno na miskoncepti zmíněnou v podkapitole 2.3.7. Pomocí situace s magnety, které někdo drží, je zde vysvětleno, které síly působí na magnety (síla ruky a síla druhého magnetu), a které z nich označujeme jako síly akce a reakce (vzájemné silové působení magnetů). Je zde i upozornění na situaci, kdy těleso působí samo na sebe, tedy kdy se síly akce a reakce mohou vyrušit. Ve cvičeních na konci kapitoly se pak vyskytuje úloha, ve které jsou na jedné loďce připevněny odpuzující se různě silné magnety a žáci jsou tázáni na působící síly.

Je zde adresována i miskoncepce z podkapitoly 2.3.6 při popisu srážky auta se stromem. Jako první je zde dokonce zmíněna síla, kterou působil strom. Mimo to je popsáno i vzájemné silové působení rozjíždějícího se vozidla a Země, případně raketový pohon.

Kolářová, Bohuněk - nakladatelství Prometheus [4]

Sada učebnic od Kolářové a Bohuněka rovněž mluví o silách a Newtonových zákonech v díle určeném pro 7. ročník základní školy. Síly zavádí po probrání pohybu a navazuje na ně posuvnými účinky síly a pohybovými zákony. Následují kapitoly o otáčivých a deformačních účincích síly a následně o tření.

Zákon vzájemného působení těles je uveden připomenutím pokusů, se kterými se žáci již setkali. Dále jsou navrženy pokusy na objevení vlastností vzájemného silového působení. Konkrétně se jedná o napínání dvou spojených siloměrů dvěma osobami a o napínání dvou spojených siloměrů v případě, že jeden je upevněn ve stojanu. Následně je uvedeno znění a název zákona akce a reakce.

Stejně jako v učebnici od Macháčka je zde zmíněn raketový motor a jeho princip fungování, čímž je žakovská miskoncepce o tom, že neživá a nepohybující se tělesa nepůsobí silou, vystavena konfliktu. Žáci jsou následně naváděni, aby si raketový pohon vyzkoušeli puštěním nafouknutého balónku, kde akcí je působení napnuté blány balónku na vzduch a jeho vytlačování ven a reakcí je působení vzduchu na balonek a jeho pohánění.

Je zde rozebrána i miskoncepce ohledně působení sil akce a reakce na jedno těleso. První příklad hovoří o natahování pružiny prstem, kdy jsou působiště sil v místě dotyku prstu a pružiny. Síly ale působí na různá tělesa, a tedy se jejich účinky nemohou rušit. Druhý příklad ukazuje chlapce stojící na skateboardech, z nichž jeden odstrkuje druhého. Rozjedou se oba, protože na odstrkovaného chlapce působila síla akce a na odstrkujícího síla reakce.

Nakonec je protipříkladu vystavena i miskoncepce „větší těleso, větší síla“ z podkapitoly 2.3.1, a to na příkladu kamene padajícího k Zemi. Je zde popsáno, že vzájemně působící síly jsou stejně velké, ale pohybový účinek této síly na Zemi je prakticky zanedbatelný.

V rámci otázek na konci kapitoly se učebnice dotkne i miskoncepce z podkapitoly 2.3.6 a 2.3.4 [4, s. 67]: „Tlačíš-li rukou na stěnu silou F_1 , působí stěna na ruku silou F_2 . Co platí pro velikost, směr a působíště těchto sil? Nakresli obrázek. Jestliže přestane působit síla F_1 , jak dlouho bude ještě působit síla F_2 ?“

Holubová a kolektiv – nakladatelství Prodos [5]

Učebnice je pro jeden ročník rozdělena do několika dílů. O síle se hovoří v 1. dílu Fyziky II a toto učivo následuje po probrání tématu pohyb. Hned v úvodu tématu síla je zde zmíněno vzájemné silové působení a to, že „tělesa na sebe působí vždy silami o stejné velikosti a opačném směru.“

V úvodu do tématu síla je popsáno, jak sílu měříme, že má síla směr a jak se síly znázorňují a skládají. Následuje kapitola o rovnováze sil, ve které je návrh na pokus s napínáním spojených siloměrů přichycených ke stojanu. Výsledek pokusu je znovu přisouzen principu vzájemného působení. Je zde varování, že ačkoliv jsou síly vzájemného působení stejně velké, nemusí mít stejné účinky, což odkazuje na miskoncepti „větší těleso působí větší silou“. Je zde uveden příklad chlapce tahajícího za lano upevněné ke stromu. Chlapec působí velkou silou, ale strom se ani nepohne.

Je zde také uveden problém s přetahováním, v této práci popsán v podkapitole 2.3.5, na kterém je vysvětlováno, že pokud chlapci působí stejně velkými silami, ani jeden z nich se nepohne a poloha středu lana se nezmění. To je v rozporu s vysvětlením miskonceptce rozebrané výše. Síly budou působit vždy stejně velké a přetahování nerozhodnou. Rozhodujícím faktorem je třecí síla působící mezi nohama a podlahou, o které se učebnice vůbec nezmiňuje.

Následují kapitola Gravitační síla a kapitola Pohybové účinky síly, na jejímž konci jsou shrnuty Newtonovy pohybové zákony a je zde formulován třetí Newtonův zákon. Následují kapitoly Otáčivé účinky síly a Deformační účinky síly – tlak.

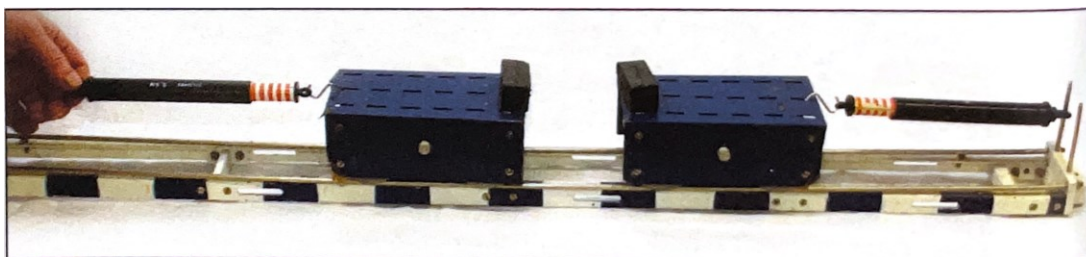
Míček, Kroupa – nakladatelství Tvořivá škola [6]

Témata pojící se k síle opět navazují na téma pohybu. Kapitoly, které se váží k silám jsou následující: Síla a její účinky na tělesa, Pohybové účinky sil a Deformační účinky sil. Stejně jako v předchozích sadách učebnic je téma situováno do 7. ročníku základní školy.

Učebnice se od ostatních odlišuje tím, že obsahuje jen velmi málo výkladu. Skládá se z přehledu činností, otázek, pokusů, příkladů a úloh. Slouží jako průvodce činnostním učením fyziky.

Zákonu vzájemného silového působení je věnována samostatná kapitola, která následuje po kapitolách věnovaných pohybovým účinkům síly a zákonu setrvačnosti. Následují kapitoly zabývající se třením, otáčivými účinky síly, pákou a kladkou.

Kapitola, ve které žáci zkoumají třetí Newtonův zákon, je uvedena popisem tří pokusů, u nichž mají žáci popsat působící síly a zamyslet se nad jejich výsledky. První pokus spočívá v odpuzování dvou stejných válcových magnetů, které se odkutálí od startovní čáry stejně daleko. Žáci mají popsat síly, které způsobily, že se magnety daly do pohybu, a zamyslet se, proč magnety urazily stejnou vzdálenost. Druhý pokus ukazuje dvě přitahující se zelektrované folie a žáci mají opět popsat působící síly. Poslední pokus je zadán takto [6, s. 36]: „Na obou vozíčkách jsou stejné magnety nastaveny proti sobě opačnými magnetickými póly. Jakými silami na sebe navzájem působí? Proč ukazují oba siloměry stejnou velikost síly?“ Situaci zachycuje obrázek 2. Následuje příklad na procvičení a formulace zákona akce a reakce.



Obrázek 2: fotografie doplňující zadání pokusu z učebnice od Míčka a Kroupy [6, s. 36]

V rámci dalšího pokusu je demonstrován princip raketového pohonu, i s popisem sil akce a reakce, na pomůcce, kde je na vozíčku upevněna zazátkovaná zkumavka s vodou. Ta je následně zahřívána, dokud zátka kvůli tlaku vodních par uvnitř zkumavky nevyletí. V učebnici je ovšem jen uvedeno [6, s. 36]: „Zahřátím

vody ve zkumavce vyrobíme dostatek vodní páry. 1. síla vytlačí zátku ze zkumavky – akce; 2. síla uvede vozík do pohybu – reakce.“ Bohužel není uvedeno, co konkrétně uvedenými silami působí. Následuje činnost, při níž si žáci vyrábí vlastní rakety.

Další sada pokusů pracuje s chlapci odstrkujícími se na skateboardech. Je zde ukázána situace, kdy se odstrčí dva stejně velcí chlapci a ujedou stejnou vzdálenost. Následně se odstrkují různě velcí chlapci a menší dojede dále než větší. Učebnice upozorní na to, že chlapci na sebe museli působit stejně velkými silami opačného směru a vyzývá žáky, aby vymysleli, jak se hmotnost chlapce v druhém pokusu projevila na výsledku experimentu. Tím zde žáci mohou vystavit konfliktu případnou miskoncepci „těžší těleso působí větší silou“ zde zmíněnou v podkapitola 2.3.1.

Rauner a kolektiv – nakladatelství Fraus [7]

Sada učebnic fyziky od nakladatelství Fraus stejně jako všechny předchozí umísťuje téma síly do 7. ročníku základní školy a řadí jej za téma pohybu.

Téma sil zahajuje kapitola o vzájemném působení těles, následuje představení pojmu síla. Další kapitoly se zabývají skládáním sil a tíhovou silou. Téma Newtonových zákonů začíná zákonem setrvačnosti, pokračuje zákonem síly a končí zákonem akce a reakce. Ten je uveden příkladem se zpětným rázem děl na lodi a otázkou, zdali síla působící na střelu souvisí se silou, která působí na dělo. Následují pokusy s napínáním siloměrů, které se nachází i v učebnicích zmíněných výše, a formulace zákona akce a reakce. V učebnici jsou následně opět zmíněny reaktivní raketové motory.

S miskoncepčí z podkapitoly 2.3.6, týkající se silového působení neživých objektů, pak hezky pracuje několik obrázků z běžného života [7, s. 50]: „Zákon akce a reakce nás provází neustále: (Zde se nachází obrázky tašky v ruce, chlapce táhnoucího sánky, dívky sedící na židli a vázy položené na stole.) Neseme-li tašku, působí taška na ruku silou směrem dolů. Ruka působí na tašku stejně velkou silou opačným směrem (nahoru). Je jedno, kterou ze sil nazveme akce a kterou reakce.“ Úkolem žáků je následně popsat ostatní tři situace na obrázcích.

V kapitole Skládání rovnoběžných sil se nachází „příklad z praxe“, který naopak může miskoncepci vytvořit [7, s. 35]. V příkladu se přetahují dvě družstva, jedno družstvo táhne silou 1100 N, druhé táhne na opačnou stranu silou 1200 N. Podle textu družstvo působící větší silou zvítězí. Zde ale narážíme na problém, že družstva by podle zákona akce a reakce na sebe měla vzájemně působit silami o stejné velikosti.

Jáchim, Tesař – nakladatelství SPN [8]

Sada učebnic od Jáchima a Tesaře umísťuje Newtonovy zákony již do učebnice pro 6. ročník základní školy. Tématu Poznáváme sílu a její účinky předchází témata Čím se zabývá fyzika, Z čeho jsou předměty kolem nás a Učíme se měřit.

Tématu Newtonových zákonů pak předchází témata Gravitace, Účinky síly, ve kterém je poprvé zmíněno, že k uvedení tělesa do klidu či pohybu nebo pro změnu rychlosti je třeba působit silou, dále témata Tření a Skládání sil. Na Newtonovy zákony navazují témata Těžiště, Rovnovážná poloha těles a Otáčivé účinky sil.

Kapitola akce a reakce začíná vysvětlením, proč tělesa nepadají do středu Země, ačkoliv na ně působí gravitační síla. Je zde uveden následující příklad [8, s. 83]: „Stojíme-li na podlaze, působíme na ni svojí tíhou, avšak naše tíha nevyvolává žádný pohybový účinek. Je to proto, že také podlaha působí na nás silou, právě opačnou, než je naše tíha.“ Obávám se, že umístěním pod nadpisem „Co je akce a co reakce“ by tento příklad mohl u žáků snadno založit miskoncepci rozebranou v podkapitole 2.3.7 této práce, tedy „síly akce a reakce působí na totéž těleso, mohou se sčítat a v případě stejné velikosti se vyruší“. Při čtení by totiž mohl žák snadno dojít k závěru, že popisované síly (člověk působící na podlahu a podlaha působící na člověka) se vyruší, přičemž by sílu, kterou člověk působí na podlahu, zaměnil s gravitačním působením Země na člověka.

Opět se zde objevuje pokus s napínáním spojených siloměrů ve variantách, kdy na obou stranách tahají za siloměr lidé, a kdy je jeden ze spojených siloměrů upevněn na stojanu. Učebnice však nijak nekomentuje miskoncepci „neživé a nehybné objekty nepůsobí silou“, ač na fotkách je pokus zrealizován identicky s ostatními učebnicemi, které tento pokus provádějí.

Dále je zde navrhnut pokus s měřením síly, kterou na sebe působí odpuzující se magnety, kde jsou varianty se stejně silnými a různě silnými magnety. Tento pokus by bylo možno využít k nabourávání miskoncepce „silnější magnet působí na slabší magnet větší silou“, která byla rozebrána v podkapitole 2.3.1.

Jáchim, Tesař – nakladatelství SPN [9]

Text původních učebnic od Jáchima a Tesaře byl přepracován a sada učebnic vyšla znovu pod jinými názvy a rozdělena do více dílů. Učebnice věnující se silám tak začíná tématem gravitace a probere účinky sil, tření a skládání a rozkládání sil, než se dostane k Newtonovým zákonům. Struktura tak zůstala stejná, texty jsou pozměněné.

Zákon akce a reakce je v této verzi učebnice uveden příkladem s žákem, který zkouší, jestli má dostatečně nafouknutý míč. Tlačí na míč rukou, ten se nepatrně promáčkne a zároveň působí silou na ruku žáka. Dále je v učebnici uvedeno [9, s. 37, 38]: „Ze zkušenosti víme, že při tomto jevu nedochází k pohybu, tj. tyto síly nevyvolávají pohybová účinek. Co ještě můžeme o těchto silách říci? Z našich úvah vyplývá, že mají stejnou velikost, ale opačný směr, současně vznikají a zanikají. Důležité však je, že každá tato síla působí na jiné těleso, proto se nemohou navzájem vyrušit.“ Příklad zde již jasněji odkazuje na síly akce a reakce a korektně je popisuje. Matoucí mi ale přijde poznámka, že při působení ruky na míč (a míče na ruku) nedochází k pohybu, bez bližšího vysvětlení, proč tomu tak je. Vždyť kdyby žák míč nepodpíral druhou rukou, silové působení při zmáčknutí míče by míč uvedlo do pohybu.

Zbytek kapitoly o zákonu akce a reakce je pak víceméně identický s původní verzí učebnice [8].

Rojko a kolektiv – nakladatelství Scientia [10, 11]

Sada učebnic Fyzika kolem nás se skládá ze čtyř dílů. První díl má motivační charakter a je doplňován dílem druhým a třetím, které látku z prvního dílu prohlubují. Téma síly a Newtonových zákonů se vyskytuje v prvním a druhém díle učebnice.

V prvním díle tématu síla předchází téma energie a následuje téma voda kolem nás. Úvodem je téma „Síla je když ...“, kde učebnice navádí žáky k vymýšlení, kde všude se s pojmem síla setkali, je v ní uvedeno, co se pod pojmem síla skrývá ve fyzice a co vše může silou působit. Již tento úvod pomáhá odbourávat miskoncepce, že silou mohou působit pouze živé či pohybující se objekty. Učebnice ukazuje příklady silového působení živých i neživých objektů. Dále učebnice nabádá žáky, aby si uvědomili, že vzájemné silové působení probíhá vždy mezi dvěma „partnery“ a uvádí spoustu příkladů, krom „odstrkování se od něčeho“ je zde příklad se stlačováním balónku – čím více na balónek tlačíme, tím více tlačí on na naši ruku. Následují kapitoly o měření síly, gravitaci a tření. Celé téma je zakončeno obrázkem, na kterém mají žáci vyhledat působící síly a označit partnery, kteří na sebe vzájemně působí. Tím si žáci upevní koncept, že síly vzájemného působení působí mezi dvěma objekty, což může pomoci s nabouráváním miskoncepce z podkapitoly 2.3.7.

V druhém díle je prvním tématem pohyb, následují síly a po nich jednoduché stroje, práce a energie. Žáci se naučí přemýšlet o síle jako o „šipce“, která znázorňuje směr a velikost síly a její působiště. Žáci mají zakreslovat působící síly do obrázků, a určovat, co danou silou působí. Dále se žáci naučí sčítat a rozkládat síly.

Je zde přímo zmíněna miskoncepce, že k pohybu je nutná síla. Žákům je navrhnout pokus se vznášedlem, kterým ukážeme, že síla, kterou „potřebujeme“ k pohybu, slouží k překonání tření. Postupně je zde vyvozen zákon setrvačnosti a v další kapitole pak zákon síly.

Při zavádění třetího Newtonova zákona jsou postupně odvozeny poznatky [10, s. 40]: „Ke každé síle existuje protisíla.“ a „Síla a protisíla jsou stejně velké a působí opačným směrem.“ Následně mají žáci za úkol na obrázcích vyznačit, na jaký objekt působí síla a na jaký protisíla. Opět jsou zde odstraňovány případné miskoncepce „neživé a nepohybující se objekty nemohou působit silou“ a „síly akce a reakce působí na jedno těleso“.

2.4.2 Střední škola

Bednařík, Šíroká – nakladatelství Prometheus [12]

Tato učebnice a ostatní z její sady jsou nejčastěji využívány na středních školách. Téma Newtonových zákonů patří do kapitoly Dynamika hmotného bodu a soustavy hmotných bodů. Před třetím Newtonovým zákonem jsou probrány první a druhý Newtonův zákon a hybnost hmotného bodu. Navazuje na něj zákon zachování hybnosti, tření a vztažné soustavy.

Na úvod je připomenuto, že silové působení těles je vzájemné. Je navrhnut pokus se spojenými siloměry, kdy jeden ze siloměrů je připevněn ke stojanu a za druhý siloměr taháme. Pozorujeme stejnou velikost sil a jejich opačný směr. Učebnice upozorňuje, že tento pokus je založen na deformačním účinku sil. Navrhuje i pokus s využitím dynamických účinků sil, při kterém umístíme na vodní hladinu polystyrenové destičky s magnetem a ocelovou tyčinkou. Po těchto pokusech je uvedeno znění třetího Newtonova zákona [11, s. 79]: „Dvě tělesa na sebe navzájem působí stejně velkými silami opačného směru. Tyto síly vznikají a zanikají současně.“ Upozornění na současný vznik a zánik sil akce a reakce tak žáky vede k odstraňování miskoncepce „síly akce a reakce jsou časově posunuté“.

Dále učebnice upozorňuje na to, že síly akce a reakce působí na různá tělesa, a nemohou se tedy svými účinky navzájem rušit. Tím přímo adresuje miskoncepti blíže rozebranou v podkapitole 2.3.7 „síly akce a reakce působí na totéž těleso, mohou se sčítat a v případě stejné velikosti se vyruší“.

V poslední části věnované třetímu Newtonovu zákonu jsou žáci upozorněni, že stejně velké působící síly nemusí vyvolat stejné zrychlení, neboť to je podle druhého Newtonova zákona závislé nejen na síle, ale i na hmotnosti tělesa. Je zde uveden příklad kamene, který padá vlivem gravitační síly, kterou na něj působí Země. Kámen na Zemi působí stejně velkou silou opačného směru, ale Země se nedá do měřitelného pohybu, protože zrychlení vyvolané silou reakce kamene je zanedbatelné. Tento příklad se objevoval již v základoškolských učebnicích, a stejně jako v nich pracuje na odstranění miskoncepce „větší či těžší těleso působí větší silou“.

3 Elektronická sbírka pokusů

3.1 Stručné představení elektronické sbírky pokusů

Zdroj [13, 14].

Sbírka fyzikálních pokusů je elektronická sbírka vytvářená na Katedře didaktiky fyziky Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy v Praze. Sbírka vznikla jako navazující projekt na Sbíрку řešených úloh, se kterou sdílí stejné uživatelské rozhraní. Od roku 2015 působí jako hlavní koordinátor práce na sbírce doc. RNDr. Petr Kácovský, Ph.D.

Cílem Sbírký je vytvořit soubor fyzikálních pokusů, který mohou využívat učitelé i žáci na různých úrovních škol. Sbírka obsahuje pokusy ze základních oblastí fyziky. Aktuálně (12. 7. 2024) Sbírka obsahuje 166 zveřejněných pokusů, rozdělených do pěti oblastí (v závorkách jsou uvedeny počty pokusů v dané oblasti):

- Mechanika (7)
- Mechanické kmitání a vlnění (1)
- Termodynamika a molekulová fyzika (76)
- Elektřina a magnetismus (52)
- Optika (30)

3.2 Struktura zpracování pokusů

Cílem Sbírký fyzikálních pokusů je vytvářet náměty na pokusy jednotným způsobem, proto má každý pokus ustálenou strukturu. Je dbáno na to, aby krom základních informací byl ke každému pokusu dostupný vzorový výsledek formou fotografií či videí. V této kapitole představím tuto strukturu pokusů ve Sbírci. Zpracováno podle [15].

U každého pokusu je třeba vyplnit hlavičku. V ní je uvedeno, do jaké oblasti pokus patří, jeho název a informace k lepšímu zařazení pokusu. Mezi ty patří typ pokusu, tedy zdali je pokus kvalitativní či kvantitativní, věková skupina, pro kterou je pokus vhodný, specifčnost pomůcek potřebných pro realizaci pokusu a časy přípravy a provedení pokusu. V hlavičce je dále možné doplnit zdroje a zaškrtnout, jestli bylo k pokusu zpracováno video.

Cíl pokusu

V rámci této části jsou popsány očekávané výstupy pokusu.

Teorie

Zde je popsána teorie týkající se experimentu. Mohou se zde vyskytovat vzorce, grafické předpovědi či schémata zapojení.

Pomůcky

V této části je uveden výčet všech pomůcek použitých k provedení pokusu. U pomůcek mohou být připsány jejich konkrétní parametry, případně odkazy na stránky se specifikací pomůcky.

Postup

Postup pokusu je psán obvykle jako seznam kroků, delší postupy jsou psány formou číslovaného seznamu. U jednotlivých kroků mohou být doplněny fotografie či nákresy usnadňující přípravu či realizaci pokusu. Postup by měl poskytnout jednoznačný návod.

Vzorový výsledek

Tato část je důležitá pro pokusy ve Sbírcе fyzikálních pokusů. Nachází se zde vizuální dokumentace průběhu a výsledku pokusu. V případě pokusů, kde se jedná o děj, by zde mělo být k dispozici video. Pokud je výsledkem pokusu jev, bude zde fotka. Lze sem umístit tabulku či graf, výjimečně pak popis očekávaných výsledků pokusu.

Technické poznámky

Sem patří poznámky a postřehy, které pomohou hladkému průběhu předvedení experimentu. Případně návrhy, jak lze experiment provést s mírnou odchylkou od výše uvedeného postupu.

Metodické poznámky

Zde jsou uvedeny poznámky k provedení experimentu ve výuce. Může zde být navrženo kam experiment zařadit, čím navázat nebo co okomentovat. Dále sem patří upozornění na žákovské miskoncepce, které pokus může nabourávat.

Komentář

V komentáři může být uvedeno vše, co nezapadá do předchozích částí struktury. Většinou se zde nachází odkaz na související pokus či úlohu ze Sbírcy řešených úloh, odkaz na zdroj dalších informací nebo výpočet patřící k pokusu.

4 Vlastní pokusy

Jako součást mé bakalářské práce jsem zpracovala deset pokusů z oboru mechaniky do Sbírký fyzikálních pokusů. Cílem bylo rozšířit Sbírký o pokusy z mechaniky, které by mohly být využívány při výuce i samostudiu. Zároveň jsou mé příspěvky doplněny o komentář, týkající se častých žákovských miskonceptů souvisejících s pokusem.

V této kapitole je uveden přehled zpracovaných pokusů se stručným popisem. U každého pokusu je uvedeno jeho číslo pokusu ve Sbírkce fyzikálních pokusů. Zpracované pokusy tak, jak byly nahrány do Sbírkky, naleznete v příloze. Dále je zde krátce popsána tvorba pokusu pro vložení do Sbírkky.

4.1 Přehled zpracovaných pokusů

4.1.1 Odpuzující se magnety (4480)

Inspirováno [1].

Cílem pokusu je ukázat pomocí vozíčků se zabudovanými siloměry od firmy Vernier [2], že síly, kterými na sebe působí vzájemně se odpuzující magnety, jsou stejně velké a působí opačným směrem, nezávisle na tom, jak jsou magnety silné. Při menší vzdálenosti magnetů je velikost obou sil větší než při větší vzdálenosti magnetů. Vzorový výsledek pokusu je zpracován formou fotografií. Kvůli tomu, že existují pouze nástavce na odpuzující se magnety, byl ekvivalentní pokus s přitažlivou silou zpracován s přitahováním vozíčků napnutou gumičkou - „*Přitahování vozíků gumičkou I*“ (4482).

4.1.2 Odstrkování vozíčků (4479)

Inspirováno [1].

Pokus využívá vozíčků se zabudovaným siloměrem od firmy Vernier [2]. Cílem pokusu je ukázat, že síly působící při odpuzování vozíčků s magnety mají stejnou velikost a opačný směr, nezávisle na hmotnosti vozíčků a na tom, jak jsou magnety silné. Pokus je rozdělen do dvou částí, se stejně silnými magnety na obou vozíčcích a s různě silnými magnety. Každá část má vzorový výsledek zpracovaný formou videa. Ekvivalentním pokusem s přitažlivou silou je pokus „*Přitahování vozíků gumičkou II*“ (4483).

4.1.3 Pružná srážka a působící síly (4478)

Inspirováno [1].

Pokus je zpracován formou videa a zaměřuje se na tyto typické žakovské miskoncepce: těžší těleso působí na lehčí větší silou; při srážce dvou těles srovnatelných rozměrů, působí to, které mělo větší rychlost, větší silou; při vzájemném silovém působení předchází působení akce působení reakce. S využitím vozíčků od firmy Vernier [2] a programu Vernier Graphical Analysis je v pokusu ukázáno, že nezávisle na hmotnosti či rychlosti vozíčků, je velikost sil působících při pružné srážce stejná a jejich směr je opačný.

4.1.4 Přetahování (4481)

Inspirováno [1, úloha 6.35, s. 95].

Cílem pokusu je žákům předvést, že síly, kterými na sebe při přetahování působí přetahující se osoby, mají stejnou velikost, nehledě na „zdatnost“ těchto osob. Vzorový výsledek zachycuje formou fotografií dvě dvojice při přetahování, jednu stejně „zdatných“ a druhou různě „zdatných“ osob. Oba siloměry při přetahování ukazují stejnou velikost síly. Pokus je zaměřen na následující žakovské miskoncepce: větší těleso působí na menší větší silou; jestliže se tělesa pohybují, musí být „akce větší než reakce“.

4.1.5 Přitahování vozíků gumičkou I (4482)

Inspirováno [1].

Pokus je obdobou pokusu „*Odpuzující se magnety*“ (4480). Vzorové výsledky pokusu jsou na fotografiích, kde jsou zachyceny vozíčky spojené napnutou gumičkou v různých vzdálenostech. Současně je pomocí programu Vernier Graphical Analysis zobrazena okamžitá velikost síly vzájemného působení. Je vidět, že na oba vozíčky působí stejně velké síly opačných směrů, při větším napnutí gumy je velikost těchto sil větší než při menším napnutí gumy.

4.1.6 Přitahování vozíků gumičkou II (4483)

Inspirováno [1].

Pokus je zpracován formou videa a využívá vozíčky se zabudovanými siloměry od firmy Vernier [2] a program Vernier Graphical Analysis, který zobrazuje graf vývoje velikosti působící síly. Cílem pokusu je ukázat, že síly, kterými na sebe působí dva vozíčky spojené napnutou gumičkou mají stejnou velikost a opačný směr, nezávisle na zatížení jednotlivých vozíčků. Pokus cílí na několik běžných a silně zakořeněných miskoncepce: těžší těleso působí na lehčí větší silou; při vzájemném působení předchází působení akce působení reakce; síly akce a reakce se mohou navzájem sčítat a v případě stejné velikosti se ruší; jestliže se tělesa pohybují, musí být „akce větší než reakce“. Pokus doplňuje další z pokusů „*Odstrkování vozíčků*“ (4479).

4.1.7 Působí silou stěna? (4484)

Inspirováno [1].

Tento pokus cílí na nabourání miskoncepce, že silou mohou působit jen živé objekty nebo pohybující se tělesa. Jeden ze dvou spojených siloměrů uchytkáme ke stěně a za druhý taháme. Oba siloměry ukáží stejně velkou výchylku. Stěna či jiný „neživý a nehybný“ objekt působí silou o stejné velikosti, jakou má síla, kterou napínáme druhý siloměr. Dále experiment nabourává miskoncepti, že na těleso, které je v klidu, nepůsobí žádná síla. Výsledky pokusu jsou zdokumentovány na fotografiích.

4.1.8 Síly v napnutém provazu (4485)

Inspirováno [1].

Tento pokus je uveden motivačními otázkami: „Provaz vydrží napnutí silou 20 N. Za oba jeho konce budeme tahat silou 15 N. Přetrhne se provaz? Změní se nějak situace, pokud jeden konec provazu uvážeme ke stromu či ke klice dveří a za druhý konec budeme tahat silou 15 N?“

První část se zaměřuje na častou chybnou představu, že síla působící v laně je rovna součtu sil, kterými taháme za jeho konce. Druhá část se pak podobá pokusu „Působí silou stěna?“ (4484) a zaměřuje se na miskoncepti, že „neživé“ objekty nemohou působit silou. Výsledky pokusu jsou zachyceny na fotografiích.

4.1.9 Vzájemné působení siloměrů s pružinami o různé tuhosti (4486)

Inspirováno [1, úloha 6.34, s. 95].

V rámci tohoto pokusu jsem se zaměřila na žákovskou miskoncepti, že „silnější“ pružina, tedy pružina s větší tuhostí, působí na „slabší“ pružinu, tedy pružinu s menší tuhostí, větší silou. Cílem pokusu je s použitím pružinových siloměrů ukázat, že působící síly při napnutí dvou pružin jsou stejně velké, nezávisle na tuhosti pružin. Pokus je zpracován formou fotografií.

4.1.10 Vrtulový pohon a plachta (4487)

Inspirováno [1], Zdroj [16].

Cílem tohoto pokusu je pomocí lepenkových vozíků navržených Václavem Piskačem seznámit žáky s působením sil při použití vrtulového pohonu vozíku a plachty. Pokus by měl žákům nastítnit, proč není možné pohánět plachetnici namířením větráku připevněného k palubě na plachtu či sám sebe zvednout taháním se za tkaničky. Pokus byl zpracován formou videa.

4.2 Tvorba pokusu

Vzorové výsledky vytvořených pokusů jsou formou fotografie či videa. Fotografie byly zpracovávány v aplikaci Fotky v systému iOS. Případné pokročilejší úpravy, především zvětšené části fotek, byly zpracovány v aplikaci Procreate. Popisky snímků obrazovky byly doplněny v programu Malování. Základní úprava, především pak ořez obrazu, videí probíhala v aplikaci Fotky v systému iOS. Střih, odstranění zvuku a dodání textu byl realizován v aplikaci iMovie. Všechny zmíněné programy či aplikace kromě aplikace Procreate jsou k dispozici zdarma.

Při vkládání pokusu do Sbírký pokusů je text úloh psán v HTML doplněné o vlastní tagy sbírky. Pomocí nich lze vkládat obrázky nahrané do Sbírký k danému pokusu, případně videa nahraná na YouTube kanál přidružený ke Sbírcce pokusů.

5 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo vytvoření sady pokusů z mechaniky s důrazem na nabourávání typických žakovských miskoncepcí týkajících se třetího Newtonova zákona. Během tvorby práce bylo zpracováno deset pokusů do elektronické Sbírkky fyzikálních pokusů. Zpracované návody na pokusy jsou doplněny videem či fotografií vzorového výsledku a komentářem o miskoncepcích, které může pokus pomoci odstranit. Vzhledem k tomu, že ne všechny školy mají k dispozici speciální pomůcky, jakými je například sada vozíků se zabudovanými siloměry od firmy Vernier [2], doufám, že vzorové výsledky pokusů pomohou učitelům s prezentací pokusu alespoň formou videa či fotografie.

Při tvoření pokusů a jejich vkládání do sbírky jsem se naučila pracovat s úpravami fotografií a videí a seznámila jsem se s psaním textu pomocí HTML kódu. Také jsem blíže poznala Sbírkku fyzikálních pokusů, do které bych ráda v budoucnu dále přispívala.

V rámci teoretické části bakalářské práce jsem prohloubila své znalosti v tématu žakovských miskoncepcí ve fyzice, hlavně pak těch, které se týkají Newtonových zákonů. Mně samotné to velmi pomohlo v odstranění některých miskoncepcí a ujasnění si tématu Newtonových zákonů. Jsem přesvědčena, že tyto nabyté znalosti mi budou pomáhat i v mé budoucí praxi.

Seznam použité literatury

- [1] MANDÍKOVÁ, Dana a Josef TRNA. *Žákovské prekoncepce ve výuce fyziky*. Brno: Paido, 2011. ISBN 978-80-7315-226-0.
- [2] VERNIER SCIENCE EDUCATION. *Go Direct Sensor Cart Green* [online]. Dostupné z: <https://www.vernier.cz/produkty/podrobne-informace/kod/GDX-CART-G>. [cit. 2024-07-14]
- [3] MACHÁČEK, Martin. *Fyzika 7 pro základní školy a víceletá gymnázia*. Dotisk 2. vydání. Praha: Prometheus, 2020. ISBN 978-80-7196-217-5.
- [4] KOLÁŘOVÁ, Růžena a Jiří BOHUNĚK. *Fyzika pro 7. ročník základní školy*. Dotisk 2. vydání. Praha: Prometheus, 2005. ISBN 80-7196-265-1.
- [5] HOLUBOVÁ a kolektiv. *Fyzika II – 1. díl*. Olomouc: Prodos, 2006. ISBN 80-7230-165-9.
- [6] MÍČEK, Arnošt a Roman KROUPA. *Fyzika, učebnice pro výuku fyziky v 7. ročníku*. 2. vydání. Brno: Tvořivá škola, 2011. ISBN 978-80-87433-08-9.
- [7] RAUNER a kolektiv. *Fyzika 7 učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia*. Plzeň: Fraus, 2005. ISBN 80-7238-431-7.
- [8] JÁCHIM, František a Jiří TESAŘ. *Fyzika pro 6. ročník základní školy*. Praha: SPN, 2000. ISBN 80-7235-076-5.
- [9] JÁCHIM, František a Jiří TESAŘ. *Fyzika 2 pro základní školy, Síla a její účinky – pohyb těles* 2. vydání. Praha: SPN, 2015. ISBN 978-80-7235-560-0.
- [10] ROJKO a kolektiv. *Fyzika kolem nás, Fyzika I pro základní a občanskou školu – učitelská verze*. 1. vydání. Praha: Scientia, 1995. ISBN 80-85827-83-2.
- [11] ROJKO a kolektiv. *Fyzika kolem nás, Fyzika 2 pro základní a občanskou školu – učitelská verze*. 1. vydání. Praha: Scientia, 1996. ISBN 80-7381-057-7.
- [12] BEDNAŘÍK, Milan a Miroslava ŠIROKÁ. *Fyzika pro gymnázia, Mechanika*. Dotisk 4. vydání. Praha: Prometheus, 2011. ISBN 978-80-7196-382-0.
- [13] KDF MFF UK: RNDr. Petr Kácovský, Ph.D. *Sbírka fyzikálních pokusů* [online]. Dostupné z: <http://kdf.mff.cuni.cz/~kacovsky/sbirka.php>. [cit. 2024-07-12]

[14] SBÍRKA FYZIKÁLNÍCH POKUSŮ. [online]. Dostupné z: <http://fyzikalnipokusy.cz/cs>. [cit. 2024-07-12]

[15] NÁPOVĚDA PRO TVŮRCE ŘEŠENÝCH ÚLOH. *Struktura Sbírký pokusů* [online]. Dostupné z: <https://physicstasks.eu/1924/struktura-sbirky-pokusu>. [cit. 2024-07-12]

[16] PISKAČ, Václav. *Pokusy s vozíky 2* [online]. Dostupné z: https://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/mechanika/pokusy_s_voziky_2.pdf. [cit. 2024-07-11]

Přílohy

Příloha 1: Vytisknutá ukázka čtyř zpracovaných pokusů.

Příloha 2: Deset pokusů zpracovaných do elektronické Sbírký řešených úloh a pět videí vytvořených jako vzorové výsledky k některým pokusům. Nahráno na DVD.