



Pedagogická
fakulta
Faculty
of Education

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

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Pedagogická fakulta

Katedra aplikované fyziky a techniky

Diplomová práce

Fyzikální pomůcky vytvořené 3D tiskem

Vypracoval: Bc. Patrik Klofáč

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

České Budějovice 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci na téma Fyzikální pomůcky vytvořené 3D tiskem vypracovával samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby stejnou elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne

Podpis autora

Anotace

Cílem diplomové práce je vytipování, navrhnutí, vytvoření a ověření vlastních výukových modelů a pomůcek do výuky fyziky. Modely a pomůcky jsou vybírány podle rámcově vzdělávacího programu pro druhý stupeň základní školy. Již vytvořené modely jsou ověřeny a popsány, popřípadě zmodifikovány. Námi navržené modely a pomůcky obsahují textový a obrazový postup tvorby, ověření a sdílení v online deponitáři pod vybranou licencí CC. Celkově jsou v práci použity dva již vytisknuté, jeden zmodifikovaný a osm vlastních modelů a pomůcek.

Klíčová slova

fyzika, 3D tisk, výuková pomůcka, výukový model, Autodesk 123D Design

Annotation

The aim of this diploma thesis is to identify, propound, create and verify own educational models and aids usable for teaching physics. Models and aids are selected according to the Framework Educational Program for the second grade of elementary school. Models already created are verified and described, alternatively modified. By us designed models and aids include textual and visual creation process, verification and sharing in the online depository under the selected CC license. In total, two already-printed, one modified and eight own models and aids are used.

Keywords

Physics, 3D printer, educational aid, educational model, Autodesk 123D Design

Poděkování

Touto formou bych rád poděkoval Mgr. Vladimíru Vochozkovi, Ph.D. za odborné vedení při zpracování mé diplomové práce, jeho cenné připomínky a rady.

Dále bych rád poděkoval své rodině, která mi umožnila studium na vysoké škole a dělala mi psychickou podporu.

Obsah

| | |
|---|----|
| Úvod | 8 |
| 1 3D tisk | 9 |
| 1.1 3D tiskárna | 10 |
| 1.2 Tiskový materiál..... | 11 |
| 1.3 Software (Autodesk 123D Design) | 12 |
| 2 Klasifikace fyzikálních pomůcek | 13 |
| 2.1 Klasifikace učebních pomůcek podle Josefa Maňáka..... | 13 |
| 2.2 Klasifikace učebních pomůcek podle Jana Geschwinderera..... | 14 |
| 3 Požadavky na didaktické pomůcky | 15 |
| 4 Praktická část..... | 17 |
| 4.1 Ověření funkčnosti již vytvořených modelů a pomůcek do výuky fyziky... 18 | |
| Stoupající dvojkužel | 18 |
| Vznášedlo | 20 |
| 4.2 Modifikace modelů vytvořených jinými autory..... | 22 |
| Stejnoseměrný elektromotor | 22 |
| Stator..... | 23 |
| Rotor | 25 |
| 4.3 Navrhnutí, vytvoření a ověření vlastních výukových modelů a pomůcek... 28 | |
| 4.3.1 Držák pístů | 28 |
| Držák injekčních stříkaček | 29 |
| Redukční kroužky..... | 30 |
| 4.3.2 Maxwellovo kolo..... | 33 |
| Setrvačnick | 34 |
| Osička setrvačnicku..... | 35 |
| Kompletování modelu | 36 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4.3.3 | Držák teplotních čidel | 39 |
| 4.3.4 | Držák barometru..... | 43 |
| | Horní část držáku..... | 44 |
| | Spodní část držáku..... | 45 |
| 4.3.5 | Držák bonbonů Mentos v. 1 | 48 |
| | Závit..... | 48 |
| | Tělo s tryskou | 50 |
| | Pojistka | 52 |
| 4.3.6 | Držák bonbonů Mentos v. 2 | 55 |
| 4.3.7 | Nádržka s komorami v. 1 | 59 |
| | Nádržka..... | 59 |
| | Přepážky | 61 |
| 4.3.8 | Nádržka s komorami v. 2 | 64 |
| 4.4 | Sdílení modelů a pomůcek v online depozitáři | 67 |
| | Držák pístů..... | 67 |
| | Maxwellovo kolo..... | 67 |
| | Držák teplotních čidel..... | 67 |
| | Držák barometru | 67 |
| | Držák bonbonů Mentos v. 1 | 68 |
| | Držák bonbonů Mentos v. 2 | 68 |
| | Nádržka s komorami v. 1..... | 68 |
| | Nádržka s komorami v. 2..... | 68 |
| 5 | Experimentální část | 69 |
| | Maxwellovo kolo..... | 69 |
| | Držák pístů..... | 69 |
| | Držák bonbonů Mentos | 71 |

| | |
|---------------------------------|----|
| Držák teplotních čidel..... | 71 |
| Držák barometru | 71 |
| Nádržka s komorami..... | 71 |
| 6 Závěr..... | 72 |
| Seznam použité literatury | 73 |
| Seznam obrázků..... | 75 |
| Seznam tabulek..... | 79 |
| Přílohy | 80 |

Úvod

3D tiskárny se objevují ve všech možných odvětvích. Vystává otázka, jestli je možné uplatnit tuto technologii ve školství a jakým způsobem. Vymodelovat, vyrobit a vyzkoušet fyzikální pomůcky vytvořené 3D tiskem by mohlo vést k snadnějšímu a levnějšímu zdroji fyzikálních pomůcek.

Nedílnou součástí vyučování fyziky je pokus. Úspěšné provedení experimentu je mimo mnoha důležitých faktorů závislé na množství a kvalitě pomůcek. Absenci či ztrátu důležitých částí či kompletních pomůcek, by mohlo být možné vyřešit vlastní tvorbou pomocí 3D tisku. Vyučující není odkázán jen na vytvořené modely ve volně dostupných depozitářích, ale otevírají se mu úplně nové možnosti návrhu vlastních modelů či vylepšení stávajících jejich modifikací.

Na základě aktuální nabídky a finančních možnostech bude vybrána cenově dostupná 3D tiskárna. Z široké nabídky CAD softwarů, bude zvolen volně přístupný a uživatelsky přívětivý, který bude představen a popsáno jeho prostředí.

V rámci seznámení s problematikou budou vytipovány již hotové pomůcky a ověřeny ve výuce. Vybraná pomůcka jiného autora bude modifikována a vylepšena 3D tiskem.

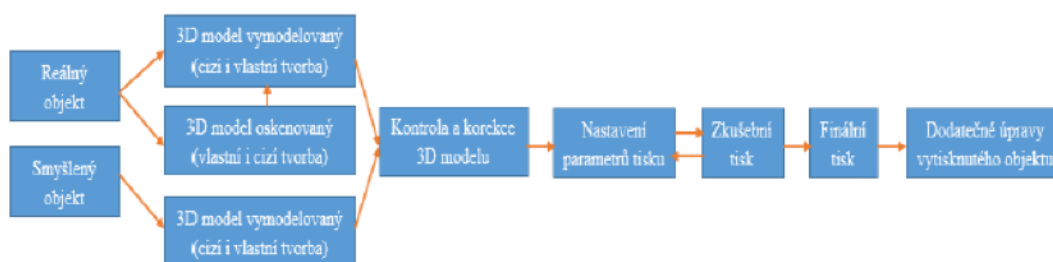
Hlavní část práce bude zaměřena na modelování vlastních pomůcek a modelů do výuky fyziky. Text bude obsahovat popis tvorby jednotlivých pomůcek krok za krokem. Nastíněna bude jedna z možností, jak lze modely vytvářet, tisknout a zapojit do výuky.

V rámci ověření budou vytvořené pomůcky nabídnuty učitelům k výuce a na základě jejich zpětné vazby dojde případně k úpravám či rozšířením. Všechny zdrojové soubory budou umístěny na volně dostupný webový portál a k dispozici komukoliv, kdo bude mít zájem je využít ve výuce či pro osobní potřeby.

1 3D tisk

3D tisk je proces, který využívá digitálních dat a předloh 3D modelů, které jsou vytvořeny pomocí modelovacího softwaru. Data jsou dále zpracována a vytváří se z nich fyzický 3D model. [1]

3D modely je možné vytvářet i jiným způsobem, a to 3D skenováním objektu. Naskenovaný fyzický objekt se přenesení na virtuální 3D model. Model, který vytvoříme nebo naskenujeme je zapotřebí přizpůsobit na rozměry, které je 3D tiskárna schopná vytisknout (Obrázek 1).



Obrázek 1: Zjednodušený popis procesu 3D tisku. [2]

Modely je možné tisknout více technologiemi. Momentálně se nejvíce používá Fused Deposition Modelling (FDM). Materiál ve formě tenkého válce, tiskové struny (filamentu), který je navinut na cívce, se postupně odvíjí do extrudéru. Extrudér taví materiál a ve formě slabého vlákna jej vytlačuje na vyhřívanou podložku. Tento proces probíhá cyklicky. Vlákno je postupně kladené na sebe a tím vytváří model vrstvu po vrstvě. Zjednodušeně je model rozkrájený na jednotlivé plátky. Tyto plátky představují právě jeden cyklus pohyblivé hlavy. [3][4][5]

Technologie 3D tisku je neustále ve vývoji. Jednodušší a velikostně menší modely tisknou velice rychle. Naopak komplikovanější je tisk modelů, které jsou například složeny z několika různých částí. Tisk těchto modelů může trvat i několik dní. Tato technologie je relativně mladá, její potenciál a nová využití se objevují každý den. [6]

1.1 3D tiskárna

Závěrečná práce je zaměřená na využití v oblasti školství. Vzhledem k potřebám a finančním možnostem je třeba aktuálně vybírat v oblasti hobby a nízkonákladových tiskáren. Při výběru je třeba zohlednit potřeby instituce a podle nich definovat zásadní parametry tiskárny. Pro diplomovou práci byla zvolena 3D tiskárna Original Průša i3 MK2, protože se stala vítězem 3D Printer Shootout 2017/2018 v prestižním americkém časopisu MAKE a po více než rok je hodnocena jako nejlepší 3D tiskárna v žebříčku 3Dhubs.com Trends. (Obrázek 2). [7]



Obrázek 2: 3D tiskárna Original Průša i3 MK2.

Ovládání 3D tiskárny je jednoduché a přehledné pomocí panelu s displejem nebo přímo z počítače softwarem komunikujícím skrz USB (Universal Seriál Bus) rozhraní. Trysku a tiskový materiál lze velice snadno měnit. Průša i3 MK2 disponuje pracovní plochou o obsahu $10\,500\text{ cm}^3$ ($25 \times 21 \times 20\text{ cm}$), plocha plně postačuje pro 3D tisk vybraných fyzikálních pomůcek. [7]

1.2 Tiskový materiál

Na trhu nalezneme mnoho výrobců tiskových strun. Pokud chceme docílit kvalitnějšího tisku, s co možná nejhladším průběhem, je dobré zvolit originální filament, který je doporučen výrobcem 3D tiskárny. Filament se vyrábí v několika průměrech a různých barvách. Vzhledem k vybraným fyzikálním pomůckám byly zvoleny dva druhy materiálu, a to ABS (Akrylonitrile Butadiene Styrene) a PLA (PolyLactic Acid).

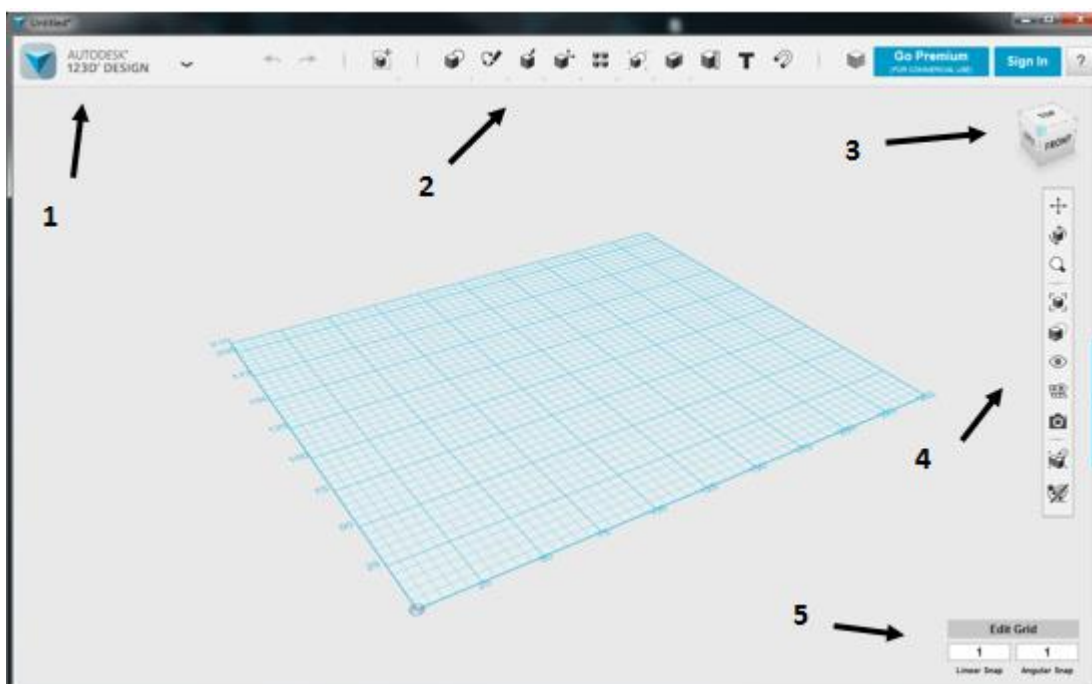
ABS je jeden z nejlepších materiálů využívaný k tištění mechanických součástek kvůli velice pevné a houževnaté struktuře s dobrou teplotní stálostí. Teplota tavení se pohybuje od 210 do 260 °C. Materiál disponuje schopností odolávání teplotám až do 100 °C. Největší nevýhodou je teplotní roztažnost, a proto je tento materiál vhodný pro tisk objektů do ± 15 cm. Materiál se po vytištění nechá vyhladit pomocí acetonu, nebo opravovat pilováním, broušením. [2][8]

PLA je považován za velice pevný materiál, využívaný hlavně díky své nízké tepelné roztažnosti. Hodí se na tisk větších objektů i s délkou přes 20 cm. Teplota tavení se pohybuje od 180 do 230 °C. Materiál neodolává velkým teplotám, proto vydrží v tuhé konzistenci pouze do 60 °C. [2][8]

1.3 Software (Autodesk 123D Design)

Softwaru je k dispozici hned několik. Všechny fyzikální pomůcky uvedené v diplomové práci jsou modelovány v programu Autodesk 123D Design, který byl vybrán na základě osobních zkušeností autora. Program nemá žádná omezení, pro uživatele je volně ke stažení (freeware) nebo dostupný přímo online přes webový prohlížeč. [9]

Autodesk 123D Design (Obrázek 3) je snadno ovladatelný a umožňuje vytvářet 2D i 3D modely, které se dají snadno exportovat do formátu STL (STereoLithography). Nejvíce využívaným formátem pro ukládání již hotových 3D modelů, připravených k 3D tisku a zároveň podporovaný prakticky každým softwarem na 3D modelování je formát *.STL. [2] Program, ovládací prvky i nápověda jsou v anglickém jazyce.



Obrázek 3: Program Autodesk 123D Design.

- 1- menu (nový projekt, ukládání, import, export)
- 2- nástroje (objekty a jejich modifikace, textura, měřidlo, druhy materiálů atd.)
- 3- pohybování, natáčení objektů z různých úhlů
- 4- pohledy na model, screen, zviditelnění objektů atd.
- 5- předvolby a různá nastavení programu př. nastavení velikosti pracovní plochy

2 Klasifikace fyzikálních pomůcek

Ve výuce fyziky nám k racionalizaci učebního průběhu výrazně přispívají učební pomůcky. [10]

2.1 Klasifikace učebních pomůcek podle Josefa Maňáka

Podle Josefa Maňáka. [10][11]

1) Originální předměty a reálné skutečnosti:

- a) přírodniny
 - v původním stavu (minerály, rostliny)
 - upravené (vycpaniny, lihové preparáty)
- b) výtvořky a výrobky
 - v původním stavu (vzorky výrobků, přístroje, umělecká díla)
- c) jevy a děje
 - fyzikální, chemické, biologické aj.

2) Zobrazení a znázornění předmětů a skutečností:

- a) modely
 - statické, funkční, stavebnicové
- b) zobrazení
 - prezentované přímo (školní obrazy, fotografie, mapy)
 - prezentované pomocí didaktické techniky (statické, dynamické...)
- c) zvukové záznamy
 - magnetické, optické

3) Textové pomůcky:

- a) učebnice
 - klasické, programované
- b) pracovní materiály
 - pracovní sešity, studijní návody, sbírky úloh, tabulky
- c) doplňková a pomocná literatura
 - časopisy, encyklopedie

4) Pořady a programy prezentované didaktickou technikou:

a) pořady

- diafonové, televizní, rozhlasové

b) programy

- pro vyučovací stroje, výukové soustavy, počítače

5) Speciální pomůcky:

- Žákovské experimentální soustavy

2.2 Klasifikace učebních pomůcek podle Jana Geschwinderera

Podle Geschwinderera Jana [10][12] skupiny učebních pomůcek:

- 1) Původní předměty a reálné skutečnosti** – vzorky zeminy, přírodniny. Přístroje a zařízení, nástroje aj.
- 2) Modely** – zobrazující určitý děj, vnitřní části sledovaného předmětu a samotný předmět, zmenšené modely velkých věcí apod.
- 3) Vizualní pomůcky** – obrazy, fotografie, postery, obraz dataprojektoru, kresba na tabuli aj.
- 4) Auditivní pomůcky** – zvukové záznamy, hudební záznamy.
- 5) Audiovizualní pomůcky** – pořady v televizi, výukové filmy, instruktažní filmy.
- 6) Literární pomůcky** – skripta, učebnice, odborná literatura, pracovní sešity.
- 7) Počítačové programy a internet** – prezentace, multimediální programy, výukové programy, animace, používání internetových aplikací, slovníky aj.
- 8) Speciální pomůcky** – trenažéry, soupravy pro experimenty.

3 Požadavky na didaktické pomůcky

Didaktické pomůcky by neměly pomáhat žákům pouze k názorné demonstraci probírané látky, ale i v dalších funkcích [10][13]:

- a) **Informativní** – učební pomůcky a didaktická technika mají pro žáky informativní význam. Informují ho o vztazích, souvislostech, umožňují pochopit podstatu aj. Informativní význam má však i svoji druhou stránku, a tou je to, že plní úlohu zpětné vazby – „informují“ žáka o tom, jak chápe učivo, upřesňují proces žákova učení, korigují představy, vědomosti apod.
- b) **Formativní** – práce s pomůckami a technikou, experimentování, porovnávání atd., přispívají k rozvoji tvořivé činnosti žáků, a tím současně i k rozvoji myšlenkových operací, práce žáků s pomůckami přispívá k formování smyslových poznávacích procesů.
- c) **Instrumentální** – didaktická technika a učební pomůcky jsou v podstatě „nástrojem“, pomocí kterého získává žák nové vědomosti, způsobilosti, zručnosti, návyky a současně vytrvávají předpoklady pro další vzdělání.
- d) **Motivační** – vzbuzuje zájem o učivo, zpestřují vyučovací proces, avšak jen tehdy, pokud s prostředky pracuje správně. Důležité je také samozřejmě vhodné zařazení do vyučovacího procesu.
- e) **Systematizující** – didaktická technika a učební pomůcky přispívají k tvorbě a zařazování vědomostí do stejného systému.
- f) **Názorná** – spočívá v tom, že pomůcky působí na smysly, žáci získávají konkrétnější a ucelené představy o tom, co se učí.
- g) **Zdroj a nositel informací** – učitelův výklad je doplněn pozorováním předmětů a jevů, které mají významnou úlohu při získávání nových vědomostí.
- h) **Racionální a ekonomická** – používání učebních pomůcek a didaktické techniky urychluje a také ulehčuje proces učení.
- i) **Ulehčuje přechod od teorie k praxi** – žáci neslyší jen slova z výkladu pedagoga, ale zároveň vidí, manipulují, experimentují s věcmi, či předměty.

- j) Podporuje samostudium** – žák na základě pozorování, pracování s předměty a přístroji i sám v mimoškolním čase často „experimentuje“, např. zhotovuje si makety, fotografuje aj.

4 Praktická část

V praktické části jsme se zprvu věnovali ověření funkčnosti již vytvořených modelů a pomůcek do výuky fyziky. Po vytipování několika modelů následoval jejich tisk a testování využitelnosti, tedy jestli pomůcky vydrží i nešetrné zacházení žáků a zda pomůcky skutečně demonstrují to, co mají.

Po vyzkoušení, jak se modely a pomůcky vytvořené z plastu 3D tiskárnou chovají, jsme se mohli pustit do další části, a to je modifikace. Hledalo se v modelech, kterým by přetvoření na plastovou podobu nebylo nic na funkčnosti, ale naopak jsme dopomohli například ke zjednodušení výroby a celistvosti modelu.

Nejvíce času jsme věnovali vytipování vlastních fyzikálních pomůcek a modelů, které bylo zapotřebí navrhnout. Navržené fyzikální pomůcky, modely byly vytisknuty 3D tiskárnou a ověřeny pro jejich správnou fyzikální funkčnost.

Námi vytvořené pomůcky a modely jsou do jednoho publikovány v anglickém jazyce na webové stránce <https://www.thingiverse.com>. Thingiverse je celosvětově známá webová stránka, na které se běžní uživatelé, studenti, učitelé nebo profesionálové mohou pochlubit nákresey a hotovými 3D modely. Publikují zde své projekty a návody, jak 3D model správně vytisknout, a dávají modely volně ke stažení či dalším úpravám pod Creative Commons (CC) licenci.

4.1 Ověření funkčnosti již vytvořených modelů a pomůcek do výuky fyziky

Stoupající dvojkužel

Model stoupajícího dvojkužele slouží k demonstračnímu pokusu změny těžiště tělesa na nakloněné rovině. Díky optickému klamu je při povrchním pohledu možné špatně usuzovat, že těleso stoupá vzhůru, nelogicky zvyšuje svoji potenciální tíhovou energii E_p , i když na něm není konána mechanická práce W . Zrak nás může oklamat, a ne vždy podávat věcné informace o sledovaném objektu. Těleso (dvojkužel) se pohybuje po nakloněné rovině, která svým tvarem při pohledu shora připomíná tvar písmene „V“ (dvě kolejničky, které se rozbíhají z jednoho bodu). Dvojkužel se valí směrem vzhůru po nakloněné rovině, avšak nejedná se o žádný fyzikální paradox, jelikož jeho těžiště postupně klesá. [14]

Zařazení ve výuce

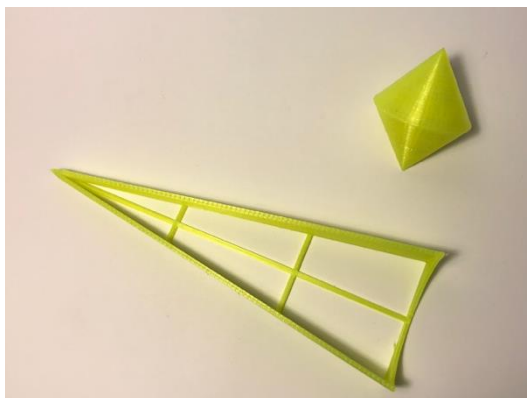
Zařazení dle Rámcového vzdělávacího plánu pro základní vzdělávání (RVP ZV) shrnuje Tabulka 1.

Tabulka 1: Zařazení do vzdělávacího oboru fyzika. [15]

| | |
|-------------------|---|
| vzdělávací obsah | pohyb těles; síly |
| učivo | pohyby těles – pohyb rovnoměrný a nerovnoměrný; pohyb přímočarý a křivočarý |
| očekávané výstupy | <i>F-9-2-01 rozhodne, jaký druh pohybu těleso koná vzhledem k jinému tělesu</i> |

Vytisknutý a zkompletovaný model

Vytisknutý model připravený do výuky fyziky se skládá z podstavy připomínající dvě kolejnice spojené příčkami do tvaru písmene V a ze dvou kuželů, tvořících po vytisknutí a následném slepení dvojkužel (Obrázek 4).



Obrázek 4: Podstava s dvojkuželem při pohledu shora. Po umístění dvojkužele na nejnižší část podstavce dojde k jeho pohybu do nejvyšší části (Obrázek 5).



Obrázek 5: Podstava s dvojkuželem na konci demonstrace.

Metodika práce

Vytvořený model stoupajícího dvojkužele není třeba ničím doplňovat. Žák umístí podstavu na vodorovnou plochu, uchopí dvojkužel a umístí jej do nejnižšího bodu podstavy a sleduje, jak se kužel valí vzhůru.

Vznášedlo

Model představující vznášedlo je navržený k demonstraci pokusu poukazujícího na třetí Newtonův pohybový zákon: „*Dvě tělesa na sebe navzájem působí stejně velikými silami opačného směru (jednu ze sil obvykle nazýváme akcí a druhou reakcí).*“ [16]

Vzduch z balónku unikající skrz otvor ve vznášedlu vytváří tlakovou sílu F na podložku. Tuto sílu nazýváme akce F_a , která vyvolává stejně velkou reakci, sílu opačného směru F_r . Mezi vznášedlem a stolem se vytvoří vzduchový polštář. Vznášedlo tedy klouže po podložce téměř bez tření, dokud skrz něj proudí vzduch z balónku.

Zařazení ve výuce

Zařazení dle RVP ZV shrnuje Tabulka 2.

Tabulka 2: Zařazení do vzdělávacího oboru fyzika. [15]

| | |
|-------------------|--|
| vzdělávací obsah | pohyb těles; síly |
| učivo | Newtonovy zákony – první, druhý (kvalitativně), třetí |
| očekávané výstupy | <i>F-9-2-05 využívá Newtonovy zákony pro objasňování či předvídání změn pohybu těles při působení stálé výsledné síly v jednoduchých situacích</i> |

Vytisknutý a zkompletovaný model

Model vybraný k ověření fyzikálních vlastností je celistvý výrobek, který lze i po vizuální stránce hodnotit jako pěkný (Obrázek 6).



Obrázek 6: Vytisknutý model vznášedla.

Není zapotřebí nic slepovat a shánět různé části pro výrobu jako například CD (Compact Disc) a různé druhy víček, které bylo mnohdy nutno provrtat. Z modelu doplněného o balónek se stává funkční souprava připravená na vyučování (Obrázek 7).



Obrázek 7: Vznášedlo s balónkem.

Metodika práce

Vznášedlo je velice snadný a dobře vypadající pokus. Žák dostatečně nafoukne objem balónku vzduchem (čím více, tím déle pokus trvá) a navleče jej na vznášedlo. Vznášedlo se umístí na desku stolu, kde lze lehce postrkovat. Pozorován je klouzavý pohyb, dokud se balónek nevyfoukne a nezačne působit proti směru pohybu smyková třecí síla F_t .

4.2 Modifikace modelů vytvořených jinými autory

Stejnoseměrný elektromotor

Model stejnosměrného elektromotoru slouží k žákovskému demonstračnímu pokusu, kde si žák osvojí schopnost rozeznat jednotlivé části elektromotoru. Vyzkouší si elektromotor zapojit, rozpohybovat a na základě pozorování dokáže popsat jeho chování.

„Elektromotor je založen na otáčení cívky s proudem v magnetickém poli. Je to stroj, ve kterém se elektrická energie přeměňuje na pohybovou energii. Nepohyblivá část elektromotoru (stator) je tvořena trvalými magnety nebo elektromagnety. Otáčivá část elektromotoru (rotor) se skládá z jedné nebo více cívek s jádry z magneticky měkké látky.“ [17]

Zařazení ve výuce

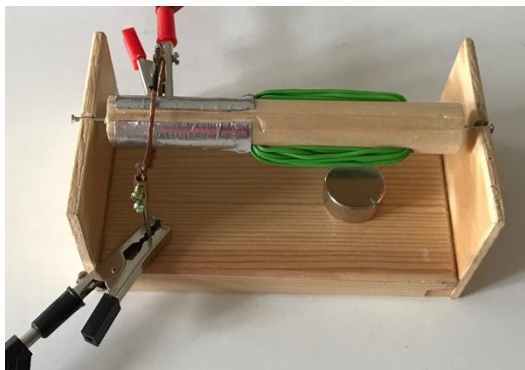
Zařazení dle RVP ZV shrnuje Tabulka 3.

Tabulka 3: Zařazení do vzdělávacího oboru fyzika. [15]

| | |
|-------------------|---|
| vzdělávací obsah | elektromagnetické a světelné děje |
| učivo | elektrické a magnetické pole – elektrická a magnetická síla; elektrický náboj; tepelné účinky elektrického proudu; elektrický odpor; stejnosměrný elektromotor; transformátor; bezpečné chování při práci s elektrickými přístroji a zařízeními |
| očekávané výstupy | <i>F-9-6-05 využívá prakticky poznatky o působení magnetického pole na magnet a cívku s proudem a o vlivu změny magnetického pole v okolí cívky na vznik indukovaného napětí v ní</i> |

Návrh modelu

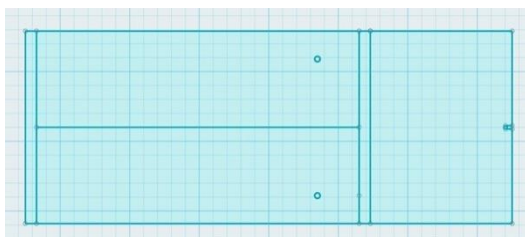
Návrh vychází z dřevěného modelu elektromotoru, jehož autorem je Zdeněk Koudela, ze kterého byly převzaty rozměry a vizuální podoba (Obrázek 8).



Obrázek 8: Původní dřevěný elektromotor.

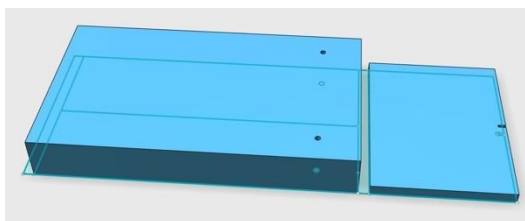
Stator

Naměřené rozměry 2D nákresu odpovídají původnímu dřevěnému modelu. Podstava (Obrázek 9 levá část) obdélník s rozměry $a = 116$ mm, $b = 69$ mm a stěna (pravá část obrázku) menší obdélník $a = 51$ mm, $b = 69$ mm.



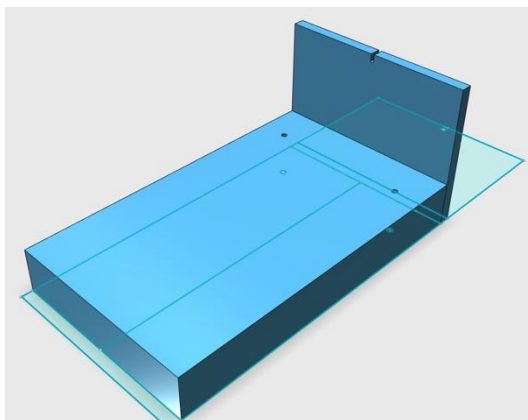
Obrázek 9: 2D nákres podstavy a stěny.

Vytažení podstavy a stěny do 3D (Obrázek 10). Podstava se dvěma otvory, do kterých zapadají kovové tyčky se sběrnými kartáčky. Stěna se zářezem pro osičku rotoru.

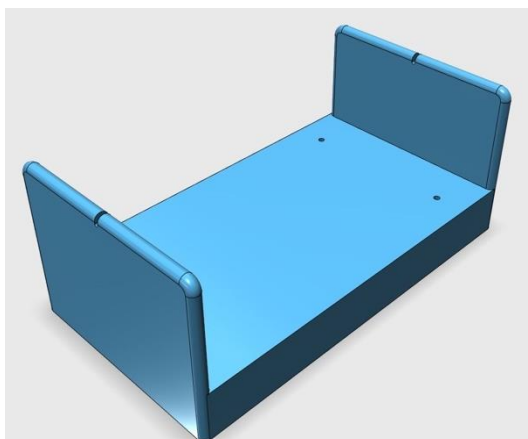


Obrázek 10: Vytažení podstavy a stěny do prostoru.

Natočení stěny o 90° a připevnění k podstavě (Obrázek 11).



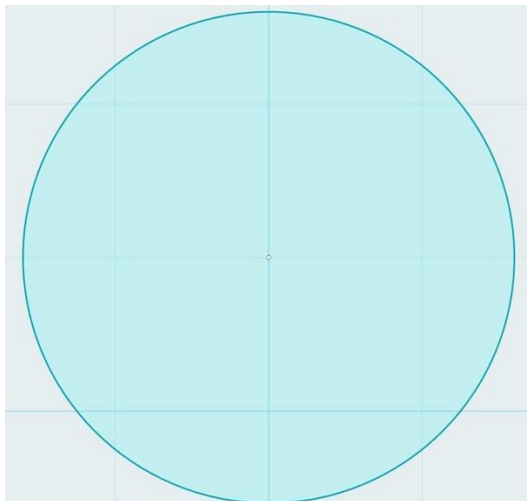
Obrázek 11: Upevnění stěny k podstavě.
Po zaoblení hran a rohů postačilo zkopírovat stěnu a přesunout na druhý konec podstavu. Dokončený model statoru připravený k tisku (Obrázek 12).



Obrázek 12: Stator připravený k tisku.

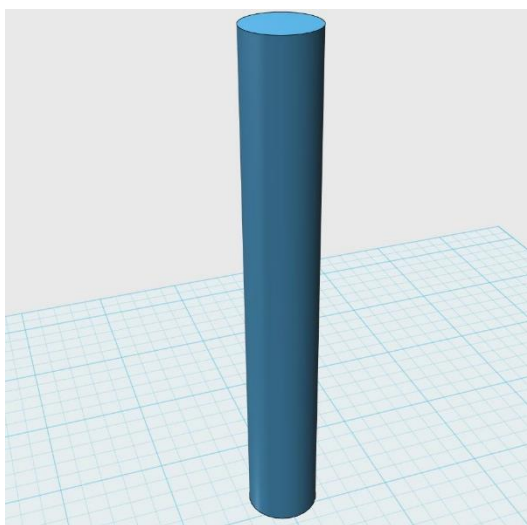
Rotor

Rozměry také vycházejí z dřevěné předlohy. Průměr nákresu rotoru $d = 16$ mm (Obrázek 13).



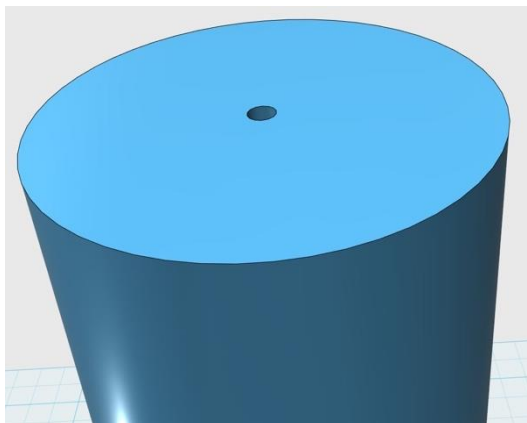
Obrázek 13: Nákres rotoru.

Vytažení rotoru do prostoru, výška $h = 114$ mm (Obrázek 14).



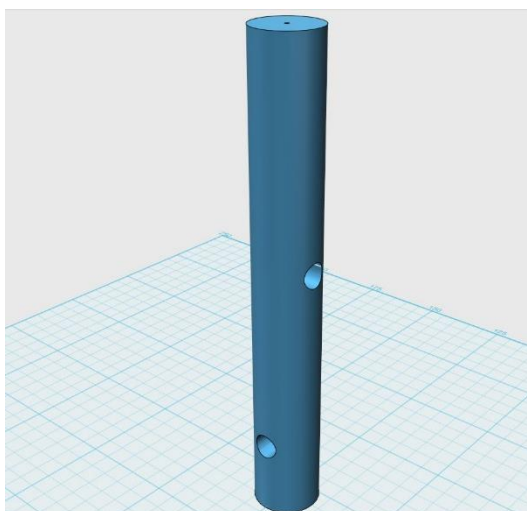
Obrázek 14: Vytažení rotoru do 3D.

Do středů spodní a horní podstavy rotoru byly vytvořeny menší otvory (Obrázek 15) o průměru $d = 1$ mm a hloubky $h = 5$ mm. Otvory slouží k přesnému uchycení osiček (hřebíčků) kolem kterých se rotor otáčí.



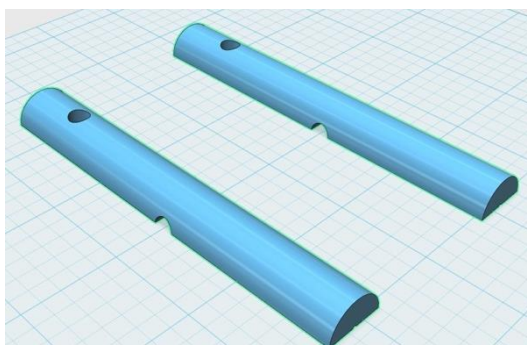
Obrázek 15: Otvor pro uchycení osičky (hřebíčku).

Do rotoru jsou vytvořeny dva otvory o průměru $d = 6$ mm, mezi kterými je vzdálenost $l = 44$ mm a vzájemné pootočení o 90° (Obrázek 16). Po namotání měděného drátu skrz otvory rotoru vytvoříme cívku.



Obrázek 16: Otvory pro namotání drátu.

Rotor rozdělený na dvě části z důvodu snazšího tisku bez použití podpěr (Obrázek 17).



Obrázek 17: Rotor připravený k tisku.

Parametry tisku

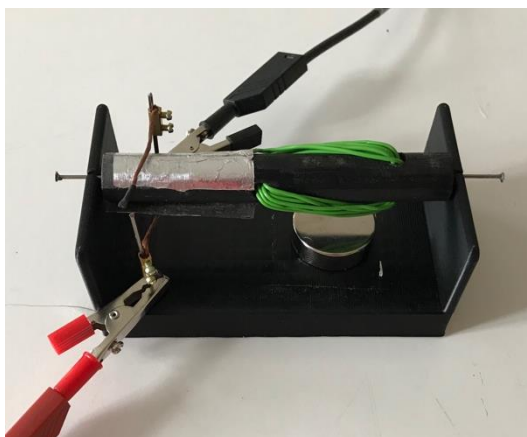
Na základě testování různých parametrů lze doporučit hodnoty shrnuté v následující tabulce (Tabulka 4).

Tabulka 4: Doporučené parametry tisku stejnosměrného elektromotoru.

| | |
|------------|---------|
| infill | 15 % |
| brim | ano |
| supports | ne |
| resolution | 0,15 mm |
| material | abs |

Vytisknutý a zkompletovaný model

Vytisknutý model, který se skládá z rotoru a statoru, je zapotřebí doplnit o magnet, dva sběrné kartáčky, elektricky vodivou páskou, dva hřebíčky a drát představující cívku. Sestavený model stačí napojit na zdroj napětí (Obrázek 18) a pozorovat otáčivý pohyb rotoru.



Obrázek 18: Vytisknutý stejnosměrný elektromotor.

Metodika práce

Žáci mají k dispozici sestavený model stejnosměrného elektromotoru. S vyučujícím rozeberou a popíší jednotlivé části, ze kterých se elektromotor skládá. K elektromotoru následně připojí za pomoci kabelů 4,5 V plochou baterii a sledují otáčivý pohyb

rotoru. Největší pozornost věnují funkci komutátoru, jeho funkci a konstrukci, která je zásadním prvkem stejnosměrného elektromotoru.

4.3 Navrhnutí, vytvoření a ověření vlastních výukových modelů a pomůcek

4.3.1 Držák pístů

Pomůcka je navržena k demonstračnímu kvantitativnímu pokusu. Podle provedení se jedná o modelový modifikační experiment. Ve výuce fyziky odpovídá didaktické funkci aplikační, aplikaci Pascalova zákona: „*Tlak vyvolaný vnější silou, která působí na tekutinu v uzavřené nádobě, je ve všech místech tekutiny stejný.*“ [18]

Přesněji řečeno jde o aplikaci uvedeného zákona na hydraulická zařízení vyjádřenou vztahem:

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}, \quad (1)$$

kde F jsou působící síly a S obsahy pístů. [18]

Zařazení ve výuce

Zařazení dle RVP ZV shrnuje Tabulka 5.

Tabulka 5: Zařazení do vzdělávacího oboru fyzika. [15]

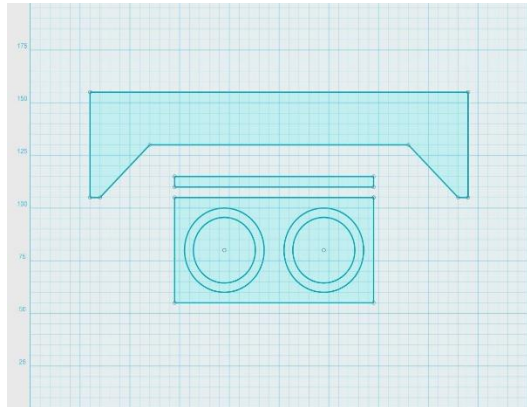
| | |
|-------------------|--|
| vzdělávací obsah | mechanické vlastnosti tekutin |
| učivo | Pascalův zákon – hydraulická zařízení |
| očekávané výstupy | <i>F-9-3-01 využívá poznatky o zákonitostech tlaku v klidných tekutinách pro řešení konkrétních praktických problémů</i> |

Návrh pomůcky

Vytvořená pomůcka je složena z více těles a představuje model hydraulického zařízení. Výtisk je doplněn injekčními stříkačkami, představující písty. Konce injekčních stříkaček jsou spojené hadičkou. Objem těles je vyplněn vodou, pracovní tekutinou, která znázorňuje ideální kapalinu.

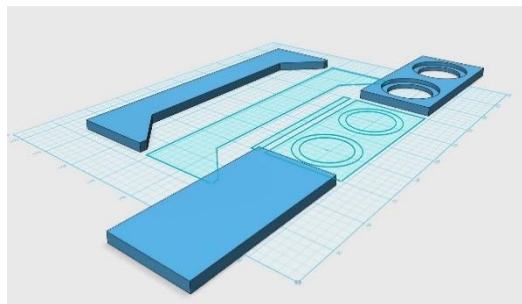
Držák injekčních stříkaček

Hlavní předností vytvořeného hydraulického zařízení je jeho variabilita modifikací. Jako referenční stříkačka je zvolena největší dostupná velikost o průměru $d = 31$ mm a výšce $h = 124$ mm. Nákres těla držáku a příslušenství v jedné rovině je vidět na Obrázku 19.



Obrázek 19: 2D nákres částí těla držáku.

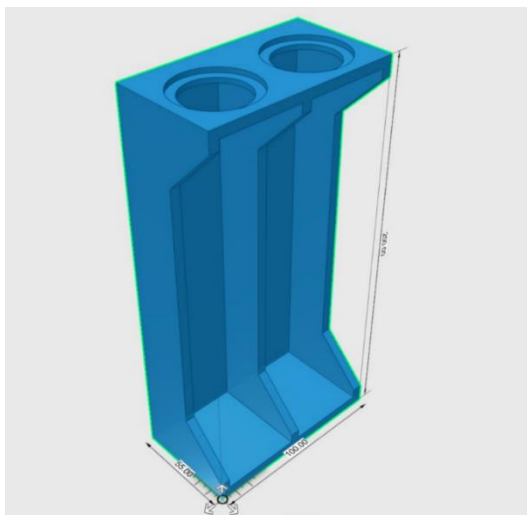
Podstava držáku je vymodelována jako celistvý kus. Horní stěna obsahuje otvory pro vložení stříkaček. Třetí rozměr těles (Obrázek 20) byl vytvořen vytažením 2D nákresu.



Obrázek 20: 2D nákres a 3D objekty.

3D model vytisknutý tiskárnou se skládá z následujících částí (Obrázek 21):

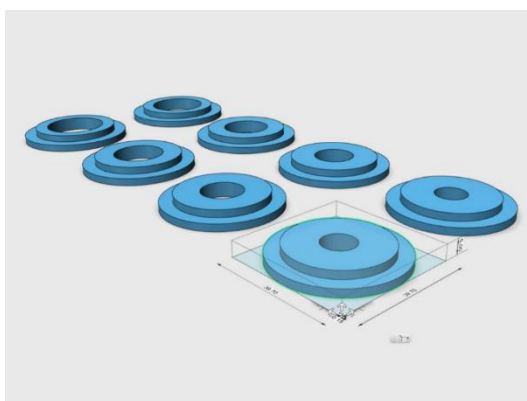
- 1× podstava,
- 1× horní stěna,
- 3× příčka,
- 1× zadní stěna.



Obrázek 21: Složený držák.

Redukční kroužky

Aby bylo možné použít různé poměry obsahů ploch pístů S , různé průměry stříkaček d , je součástí navrženého modelu i sada redukčních kroužků (Obrázek 22).

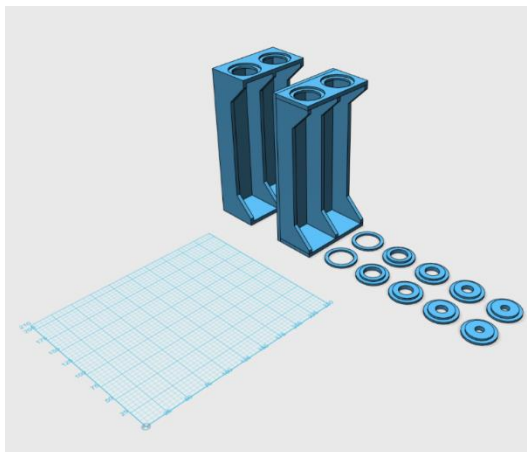


Obrázek 22: Redukční kroužky umožňující použití různých průměrů stříkaček d .

Stříkačka s největším průměrem redukcí nepotřebuje, její rozměry jsou zohledněny v horní podstavě těla držáku. Pro ostatní průměry stříkaček jsou vytvořeny redukce. Při jejich navrhování jsou naměřené vnitřní průměry rozšířeny o $d' = 0,3$ mm kvůli

pohodlnému vsunutí stříkaček. Každý přechod má vnější rozměry zapadající do výchozího průměru.

Celý držák je v 3D modelu 2× zkopírovaný. Jeden je zkompletovaný, připravený k tisku v kuse. Druhá kopie je složená z jednotlivých dílů, není tedy spojená v jeden 3D objekt, vzhledem k pozdějšímu doladění nedostatků (Obrázek 23).



Obrázek 23: Hotový 3D nákras dvou držáků s redukčními kroužky.

Parametry tisku

Na základě testování různých parametrů lze doporučit hodnoty shrnuté v následující tabulce (Tabulka 6).

Tabulka 6: Doporučené parametry tisku držáku pístů.

| | |
|------------|---------|
| infill | 15 % |
| brim | ano |
| supports | ne |
| resolution | 0,15 mm |
| material | abs |

Vytisknutý a zkompletovaný model

Po vytisknutí a doplnění držáku injekčními stříkačkami naplněnými obarvenou kapalinou, spojené hadičkou je model kompletní a připravený k výuce (Obrázek 24).



Obrázek 24: Vytisknutý 3D model držáku.

Metodika práce

Vytvořený model hydraulického lisu doplněný dvěma rozdílnými stříkačkami (čím větší rozdíl stříkaček, tím markantnější rozdíl) uchopí žák do rukou a popisuje pocitově rozdíl mezi silami F_1 a F_2 .

4.3.2 Maxwellovo kolo

Model Maxwellova kola (setrvačníku) slouží k demonstračnímu pokusu přeměny potenciální tíhové energie E_p na energii kinetickou E_k a naopak (translace a rotace). Ve výuce fyziky odpovídá didaktické funkci zákona zachování energie: „*Jednotlivé druhy (formy) energie se mohou v izolované soustavě vzájemně přeměňovat, ale celková energie izolované soustavy se během času nemění.*“ [19]

Přesněji řečeno jde o aplikaci uvedeného zákona zachování energie vyjádřenou vztahem:

$$E = E_p + E_k, \quad (2)$$

kde E je celková mechanická energie, E_p energie potenciální (polohová) a E_k energie kinetická (pohybová). [19]

Zařazení ve výuce

Zařazení dle (RVP ZV) shrnuje Tabulka 7.

Tabulka 7: Zařazení do vzdělávacího oboru fyzika. [15]

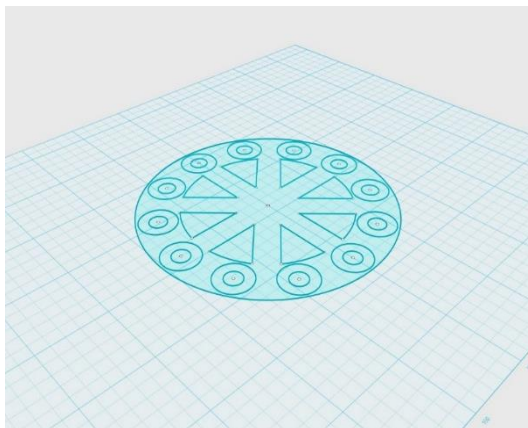
| | |
|-------------------|---|
| vzdělávací obsah | energie |
| učivo | formy energie – pohybová a polohová energie |
| očekávané výstupy | <i>F-9-4-03 využívá poznatky o vzájemných přeměnách různých forem energie a jejich přenosu při řešení konkrétních problémů a úloh</i> |

Návrh modelu

Model je vytisknutý celý z plastu, nemá tedy potřebnou hmotnost k demonstrování pokusu. Řešení tohoto problému spočívá ve dvanácti souměrných otvorech, do kterých byly vsazeny šroubky s matkami. Šroubky a matky způsobí rozložení hmoty s velkou hustotou ρ blízko obvodu, zvyšují tak moment setrvačnosti J . Hotový model je krom šroubů a matek doplněn ještě provázkem a připevněn na stativový materiál.

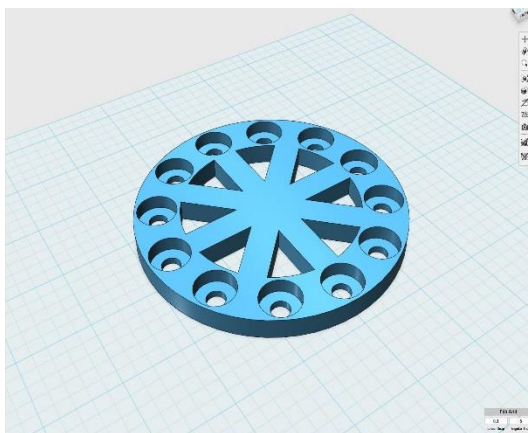
Setrvačník

Inspirace pro náš model byla čerpána z celokovového modelu Maxwellova kola, ze kterého byly převzaty rozměry. Rozměry a přibližný vzhled jsou zachovány z důvodu zavedených a již funkčních modelů. Do 2D nákresu kružnice bylo vytvořeno dvanáct rovnoměrných otvorů se stejnými rozestupy (Obrázek 25).



Obrázek 25: 2D nákres

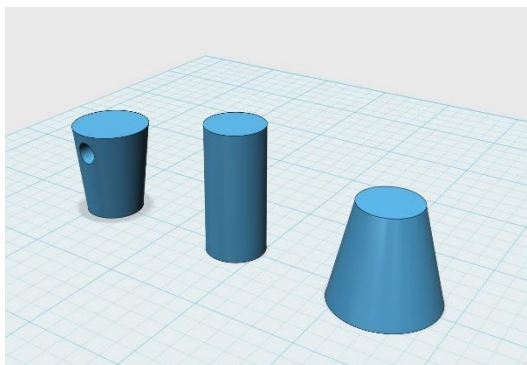
Po vytvoření 2D nákresu byly označeny ty části, které je zapotřebí vytáhnout do 3D rozměru modelu (Obrázek 26).



Obrázek 26: Vytažení objektu.

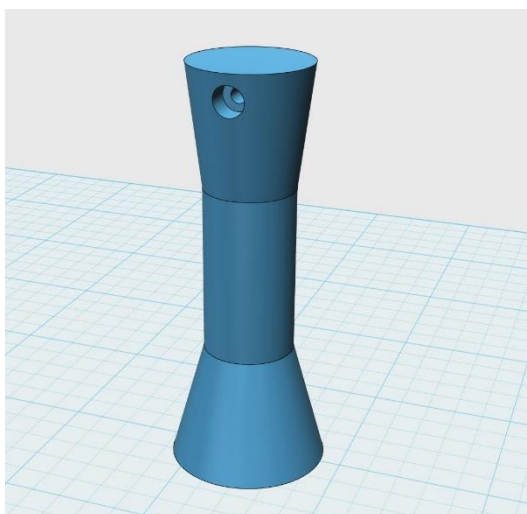
Osička setrvačníku

Vytažením objektu je navržena jedna polovina kola, ke kterému bylo zapotřebí dodělat polovinu osičky, na kterou se bude navíjet provázek. Osička se skládá ze tří následně spojených částí (Obrázek 27).



Obrázek 27: Tři části osičky.

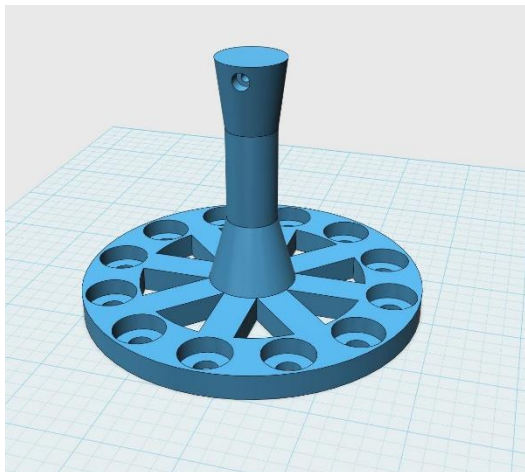
Jako nežádoucí se jevílo sklouzávání provázku z osičky, nebo naopak zamotání provázku do setrvačníku, a proto byly oba konce poloviny osičky rozšířeny a krajní část má otvor pro přivázání provázku (Obrázek 28).



Obrázek 28: Spojená polovina osičky s otvorem.

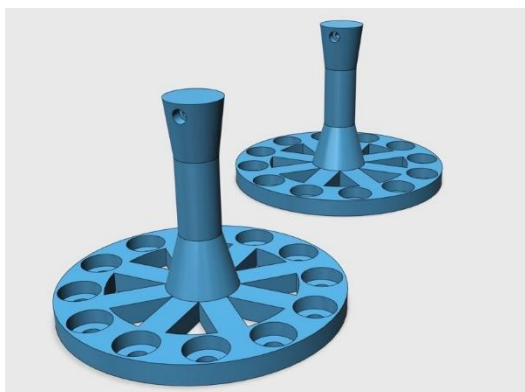
Kompletování modelu

Vymodelovanou část osičky bylo zapotřebí umístit na střed kola setrvačnicku a spojit s objektem kola, aby se 3D objekt při označení jevil jako jeden celek (Obrázek 29).



Obrázek 29: Jedna polovina setrvačnicku.

Vytažený objekt je pouze jedna polovina celého modelu setrvačnicku, stačilo tedy tuto část ještě 1× zkopírovat. Maxwelllovo kolo rozdělené na dvě části, připravené k 3D tisku (Obrázek 30).



Obrázek 30: 3D model připravený k tisku.

Vytisknuté části se slepí k sobě, případně stačí ke spojení šroubky a matky, které nám kolo zároveň zatěžují (Obrázek 31).



Obrázek 31: Spojené Maxwellovo kolo.

Parametry tisku

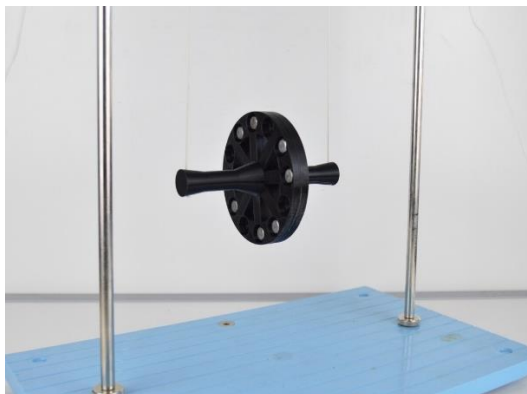
Na základě testování různých parametrů lze doporučit hodnoty shrnuté v následující tabulce (Tabulka 8).

Tabulka 8: Doporučené parametry tisku setrvačníku.

| | |
|------------|---------|
| infill | 15 % |
| brim | ne |
| supports | ne |
| resolution | 0,15 mm |
| material | pla |

Vytisknutý a zkompletovaný model

Po vytisknutí, slepení, sešroubování a připevnění na stativ provázky, je setrvačnick připravený k demonstraci (Obrázek 32).



Obrázek 32: Vytisknutý 3D model Maxwellovo kolo.

Metodika práce

Maxwellovo kolo je přivázáno pomocí dvou provázků, které jsou z jedné strany uchyceny k osičce a z druhé strany k nosné tyči. Pro správnou ukázkou pokusu je nutné rovnoměrně navíjet provázek na osičku. Pokud jsou provázky navinuty správně a při kolmém spuštění kola (setrvačnicku) směrem dolů nedošlo k zamotání provázků, sledujeme efekt odvíjení a následného navíjení provázku i několik desítek sekund. Ideální je spustit současně dva setrvačnický s různými počty šroubů a maticek po obvodu a diskutovat s žáky rozdílné chování při pohybu.

4.3.3 Držák teplotních čidel

Pomůcku držáku teplotních čidel nejvíce využijeme k demonstračnímu pokusu proudění v kapalinách, kde je velice náročné na koordinaci provádět pokus samostatně. Demonstrace pokusu vyžaduje uchopit držák na zkumavky se zkumavkou a správně umístit dvě teplotní čidla, na kterých pozorujeme teplotní rozdíly. Pomůcka eliminuje problémy s nastavováním výšky čidel a dává prostor soustředění se na správné provádění pokusu.

Zařazení ve výuce

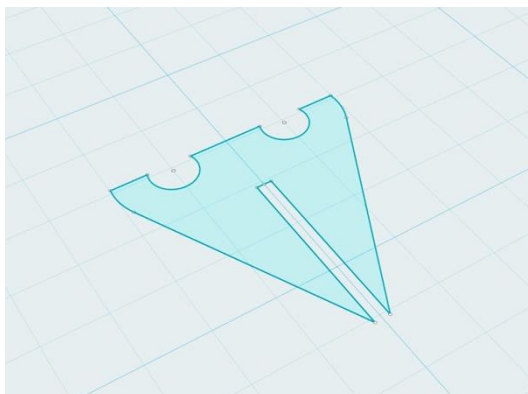
Zařazení dle (RVP ZV) shrnuje Tabulka 9.

Tabulka 9: Zařazení do vzdělávacího oboru fyzika. [15]

| | |
|-------------------|--|
| vzdělávací obsah | energie |
| učivo | formy energie – pohybová a polohová energie; vnitřní energie; elektrická energie a výkon; výroba a přenos elektrické energie; jaderná energie; štěpná reakce; jaderný reaktor; jaderná elektrárna; ochrana lidí před radioaktivním zářením |
| očekávané výstupy | <i>F-9-4-03 využívá poznatky o vzájemných přeměnách různých forem energie a jejich přenosu při řešení konkrétních problémů a úloh</i> |

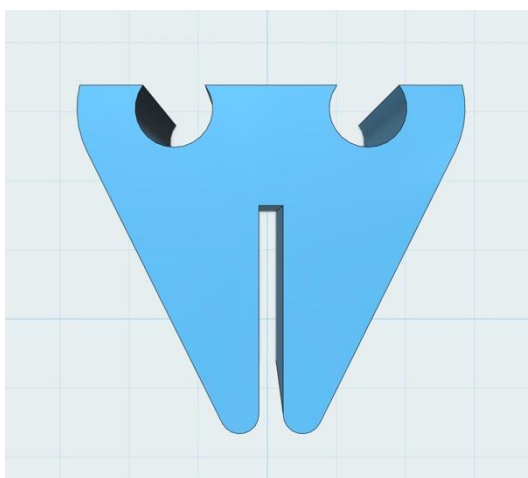
Návrh pomůcky

Pomůcka držák teplotních čidel je navržena jako jeden celistvý objekt. Samotný návrh se odvíjel od držáku na zkumavky a teplotních čidel, podle kterých byl navržen 2D nákres (Obrázek 33).



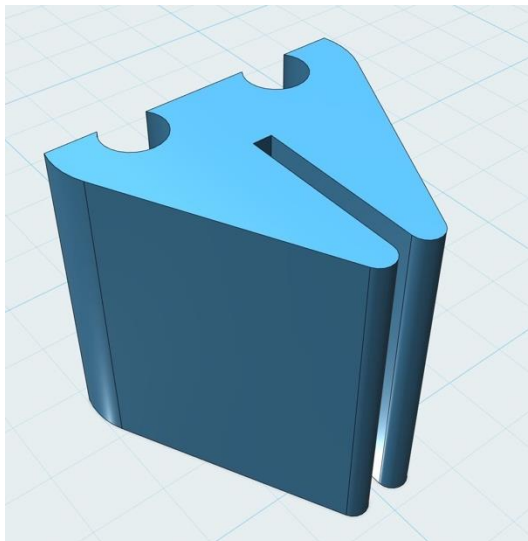
Obrázek 33: 2D nákres

Pomůcka ve tvaru připomínající trojúhelník má z horní strany dva válcové otvory k uchycení kabelů sond. Otvory jsou ze 2/3 zapuštěny do držáku kvůli pevnému sevržení, ale zároveň snadnému vyjmutí kabeláže (Obrázek 34).



Obrázek 34: Vytažený 3D model.

Spodní strana držáku je zúžená, uprostřed rozdělená na dvě části, rozměrově odpovídající kovové části držáku na zkumavky, mezi které lze držák se zkumavkou na pevně vložit (Obrázek 35).



Obrázek 35: 3D model připravený k tisku.

Parametry tisku

Na základě testování různých parametrů lze doporučit hodnoty shrnuté v následující tabulce (Tabulka 10).

Tabulka 10: Doporučené parametry tisku držáku teplotních čidel.

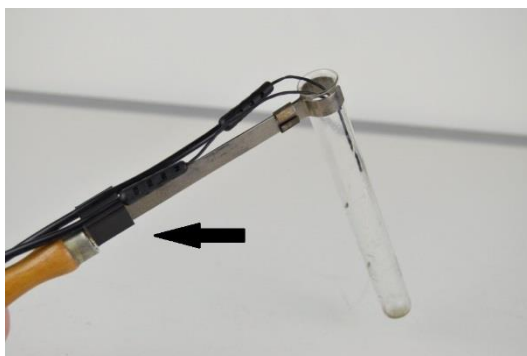
| | |
|------------|---------|
| infill | 15 % |
| brim | ano |
| supports | ne |
| resolution | 0,15 mm |
| material | abs |

Vytisknutý a zkompletovaný model

Vytisknutá pomůcka doplněná o počítač, držák na zkumavky, zkumavku, měřící sadu s teplotními čidly a kahan je připravena na pokus proudění v kapalinách (Obrázek 36, Obrázek 37).



Obrázek 36: Vytisknutý držák teplotních čidel.



Obrázek 37: Kompletní set připravený k pokusu.

Metodika práce

Po sestavení a připravení zařízení nalijeme do zkumavky vodu o pokojové teplotě. Voda je kahanem zahřívána ze spodní části zkumavky, nejprve pozorujeme teplotní nárůst ve spodní části zkumavky a následně i v horní části zkumavky. Porovnáme teploty, vezmeme jinou zkumavku a stejný pokus provedeme znovu s tím rozdílem, že zkumavka bude zahřívána pouze v horní části. Opět porovnáme teplotní rozdíly.

Teplotní čidla se po celou dobu provádění pokusu nepohnou díky uchycení ve vytisknuté pomůcce.

4.3.4 Držák barometru

Pomůcka je navržena k usnadnění provádění demonstračního pokusu, ve kterém zkoumáme hydrostatický tlak pomocí barometru. Ve výuce fyziky odpovídá didaktické funkci hydrostatického tlaku: „*Tlak v kapalině způsobený její vlastní tíhou se nazývá hydrostatický tlak.*“ [17]

Přesněji řečeno hydrostatický tlak v hloubce h se určí podle vztahu:

$$p_h = h \cdot \rho \cdot g \quad (3)$$

kde p_h je hydrostatický tlak, h výška vodního sloupce, ρ hustota kapaliny, g tíhové zrychlení. [17]

Zařazení ve výuce

Zařazení dle (RVP ZV) shrnuje Tabulka 11.

Tabulka 11: Zařazení do vzdělávacího oboru fyzika. [15]

| | |
|-------------------|--|
| vzdělávací obsah | mechanické vlastnosti tekutin |
| učivo | hydrostatický a atmosférický tlak – souvislost mezi hydrostatickým tlakem, hloubkou a hustotou kapaliny; souvislost atmosférického tlaku s některými procesy v atmosféře |
| očekávané výstupy | <i>F-9-3-01 využívá poznatky o zákonitostech tlaku v klidných tekutinách pro řešení konkrétních praktických problémů</i> |

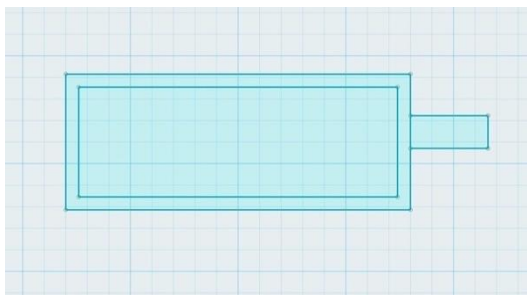
Návrh pomůcky

Barometr s hadičkou, pro který byla pomůcka vytvořena, přesahuje délku 50 cm. Délka výrazně převyšuje možnosti tisku celého objektu, proto bylo zapotřebí pomůcku rozdělit na dvě části.

Držák řeší problémy s hadičkou, která se sama o sobě různě kroutí a otáčí, je tedy obtížné zajistit přímé ponoření do kapaliny. Pevný úchyt hadičky zároveň obsahuje centimetrovou stupnici, ze které se dá odečíst hloubka ponoru, výška vodního sloupce h .

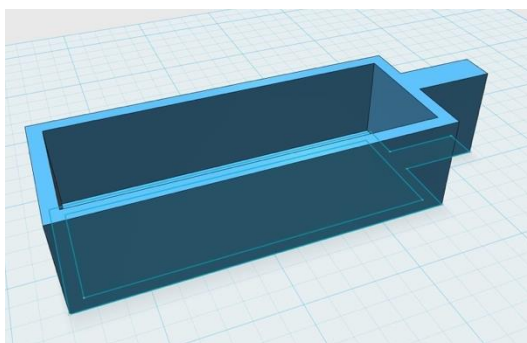
Horní část držáku

Horní část pomůcky začínající dvourozměrným nákresem, který odpovídá rozměrům užší strany barometru doplněný o výstupek, na němž navazuje centimetrová stupnice (Obrázek 38).



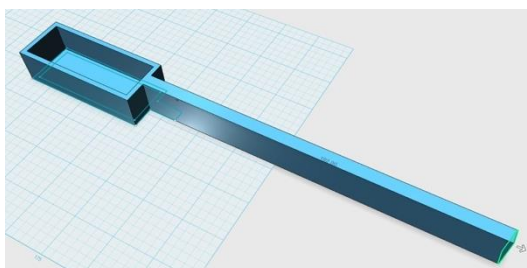
Obrázek 38: 2D nákras horní části držáku.

Nákras vytažený do 3D, má tvar kvádrů s rozšířenými vnitřními rozměry o 1 mm a otevřenou boční stěnou pro snadné zastrčení barometru (Obrázek 39).



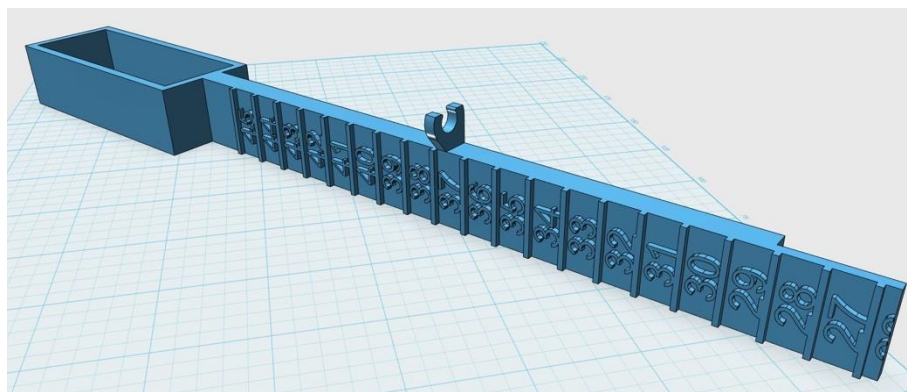
Obrázek 39: Vytažení objektu.

Výstupek centimetrové stupnice bylo zapotřebí natáhnout o délku $d = 192$ mm kvůli maximálnímu využití tikové plochy (Obrázek 40).



Obrázek 40: Horní část držáku.

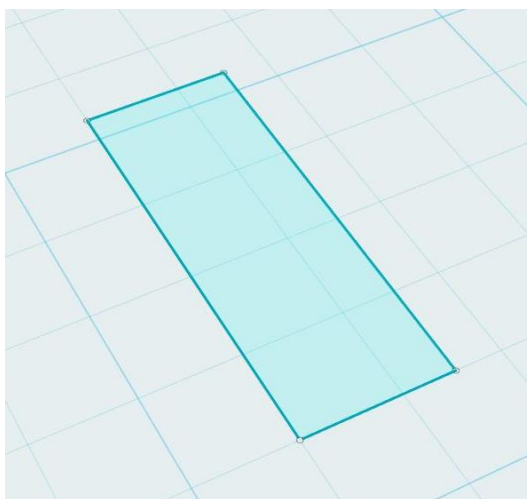
Horní část držáku je doplněna o centimetrové pravítko s čísly. Číslice byly vytvořeny pomocí funkce text, následně vytaženy do trojrozměrného objektu a vloženy nad jednotlivé výstupky. Výstupky jsou rozmístěny s centimetrovým rozestupem. Na stupnici ze stejné strany jako je vkládán barometr, se nachází menší výstupek ve tvaru písmena „C“, jenž slouží k uchycení hadičky (Obrázek 41).



Obrázek 41: Horní část držáku připravena k tisku.

Spodní část držáku

Spodní podstatně snadnější část modelování se odráží od 2D návrhu průřezu centimetrového pravítka (Obrázek 42).



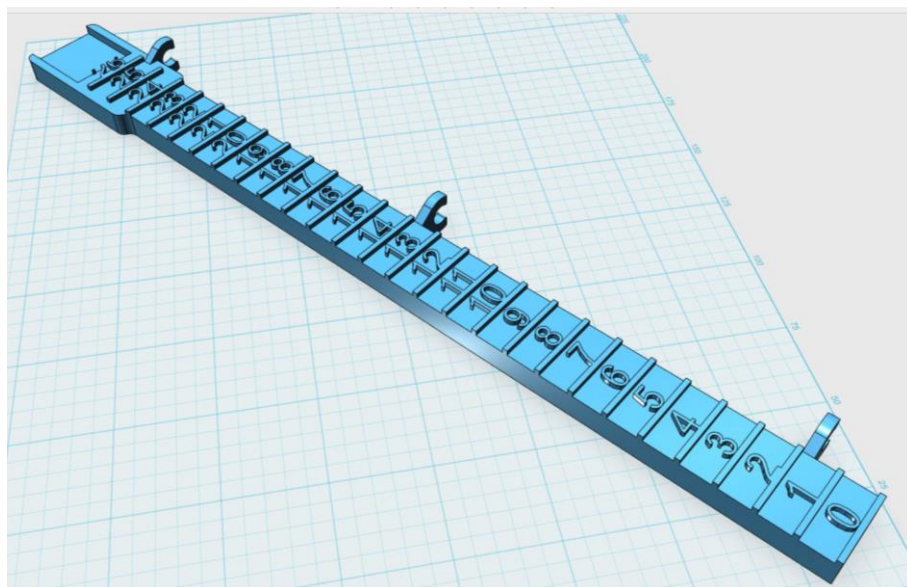
Obrázek 42: 2D nákres spodní části držáku.

Návrh z 2D vytažený do 3D o délce $d = 292$ mm (Obrázek 43).



Obrázek 43: Vytažení objektu do 3D.

Spodní část držáku stejně jako horní je doplněna o centimetrovou stupnici s čísly a třemi výstupky pro uchycení hadičky. U spodní části je navíc vytvořen výřez ve tvaru písmene „U“, do kterého přesně zapadá horní součást držáku, sloužící k pevnému slepení obou vytisklých částí (Obrázek 44).



Obrázek 44: Spodní část držáku připravena k tisku.

Parametry tisku

Na základě testování různých parametrů lze doporučit hodnoty shrnuté v následující tabulce (Tabulka 12).

Tabulka 12: Doporučené parametry tisku držáku barometru.

| | |
|------------|---------|
| infill | 15 % |
| brim | ano |
| supports | ano |
| resolution | 0,15 mm |
| material | abs |

Vytisknutý a zkompletovaný model

Vytisknutá, slepená pomůcka doplněná o senzor tlaku barometr Vernier, Vernier LabQuest nebo USB rozhraní Go!Link, držák barometru (Obrázek 45).



Obrázek 45: Vytisknutý model držáku barometru.

Metodika práce

Barometr vložíme do horní části držáku a hadičku upevníme po celé spodní délce držáku. Konec měřidla vynulujeme na hladině, rozhraní vzduchu a vody. Do průhledného odměrného válce s kapalinou ponoříme do libovolné hloubky držák s hadičkou. Na displeji se zobrazuje aktuální hodnota hydrostatického tlaku a od stupnice na držáku lze odečítat současně hloubku ponoření.

4.3.5 Držák bonbonů Mentos v. 1

Pomůcka je navržena k demonstračnímu pokusu tlakové síly v kapalinách zapříčiněné prudkou chemickou reakcí mezi oxidem uhličitým obsaženým v Coca-Cole a povrchem bonbonu Mentos.

Zařazení ve výuce

Zařazení dle (RVP ZV) shrnuje Tabulka 13.

Tabulka 13: Zařazení do vzdělávacího oboru fyzika. [15]

| | |
|-------------------|---|
| vzdělávací obsah | pohyb těles; síly |
| učivo | tlaková síla a tlak – vztah mezi tlakovou silou, tlakem a obsahem plochy, na niž síla působí |
| očekávané výstupy | <i>F-9-2-04 určí v konkrétní jednoduché situaci druhy sil působících na těleso, jejich velikost, směry a výslednici</i> |

Návrh pomůcky

Držák bonbonů je navržený tak, aby pojal celé balení Mentos. Nad hrdlem držáku jsou bonbony zajištěny pojistkou z důvodu kontrolovaného pádu do láhve s Coca-Colou.

Držák ve spodní části obsahuje závit o průměru víčka láhve, k pevnějšímu zajištění. V horní části je držák zúžený do tvaru trysky. Tryska napomáhá ke zvětšení tlaku a několikanásobně většímu gejzíru Coca-Coly.

Závit

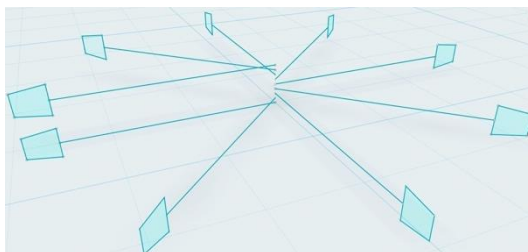
Rozměry pro náčrtek závitu byly naměřeny posuvným měřidlem ze závitu láhve od Coca-Coly. Z lichoběžníku vede úsečka o délce poloměru hrdla láhve $r = 12,75$ mm.

Na následujícím obrázku je 2D náčrtek lichoběžníku, od kterého se postup odvíjí (Obrázek 46).

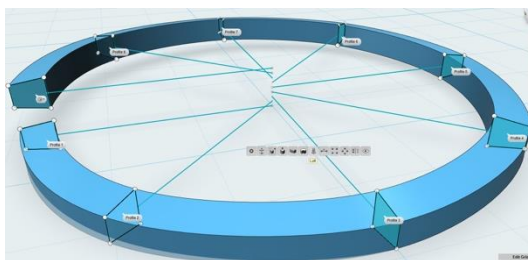


Obrázek 46: 2D náčrtek části závitu.

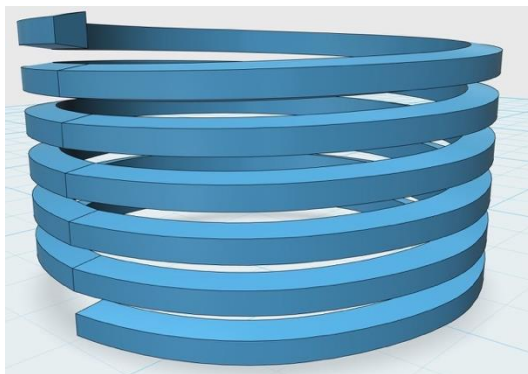
Část závitu, lichoběžník byl pootočen o 90° a $8\times$ zkopírován. Každá jedna kopie se musela rozmístit po 45° podél celého obvodu s pevným středem. Rozkopírované části byly nastaveny se stoupáním o $0,3125$ mm oproti předchozí, tedy v jedné otáčce je celkový rozdíl ve stoupání $2,5$ mm (Obrázek 47).



Obrázek 47: Rozkopírované části závitu se stoupáním. Označení všech devíti částí a použití funkce loft, program vytvoří 3D objekt o průřezu lichoběžníku. Tímto je vytvořeno jedno otočení závitu (Obrázek 48).

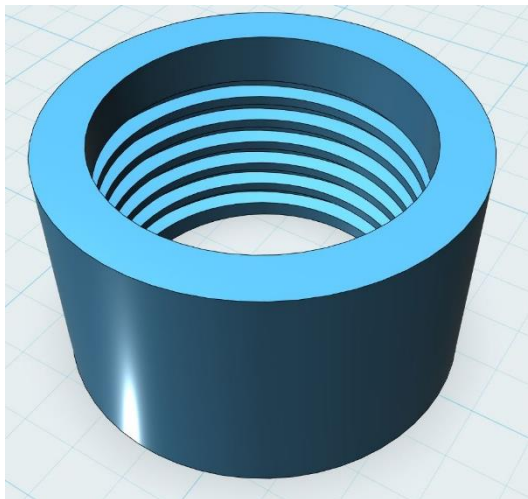


Obrázek 48: Jedna šroubovice se stoupáním $2,5$ mm. Otáčka závitu několikrát nakopírována a spojena v jeden objekt (Obrázek 49).



Obrázek 49: Několik nakopírovaných šroubovic.

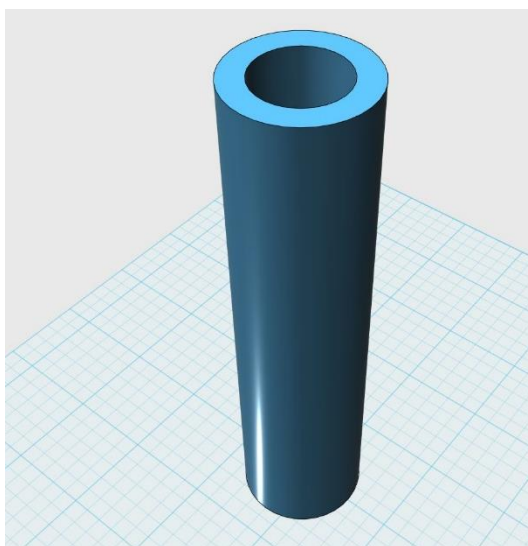
Dostatečný počet šroubovic spojených v jeden objekt vloženy do válcového hrdla společně tvoří vnitřní závit, tedy základ pro držák bonbonů Mentos, pasující na běžné polyethylentereftalátové (PET) lahve (Obrázek 50).



Obrázek 50: Vymodelovaný závit.

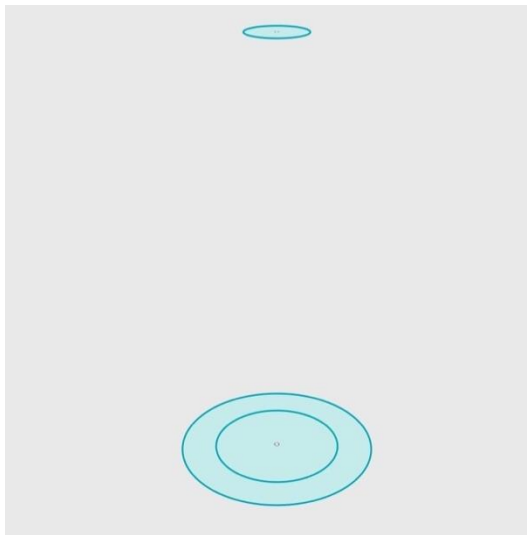
Tělo s tryskou

Jako základ pro modelování těla pomůcky byl použit závit. Vnější průměr závitu $d = 34$ mm, vnitřní průměr $d = 22$ mm a vytažení do výšky $h = 130$ mm tedy výšku balení Mentos (výška balení 125 mm) + 5 mm rezerva (Obrázek 51).



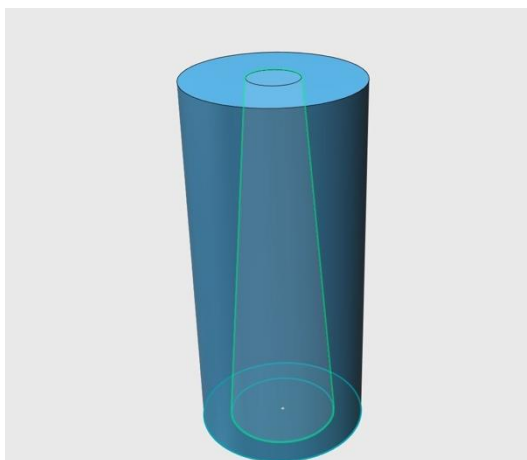
Obrázek 51: Tělo pomůcky.

Tryska vycházející z 2D nákresu dvou podstav s rozstupem $h = 75$ mm. Vnitřní a vnější průměr spodní podstavy se rovná tělu pomůcky. Horní podstava byla zúžená na průměr $d = 10$ mm (Obrázek 52).



Obrázek 52: 2D nákres podstav trysky.

Vytažení spodní podstavy do 3D na úroveň horní s vnitřním výřezem ve tvaru kužele, představující trysku (Obrázek 53).



Obrázek 53: Spojení podstav, vytvoření trysky.

Tryska válcového tvaru se zaoblenou horní částí (Obrázek 54). Jde pouze o vizuální úpravu a zaoblení hran, funkčnost se nikterak nemění.



Obrázek 54: Tryska s horním zaoblením.

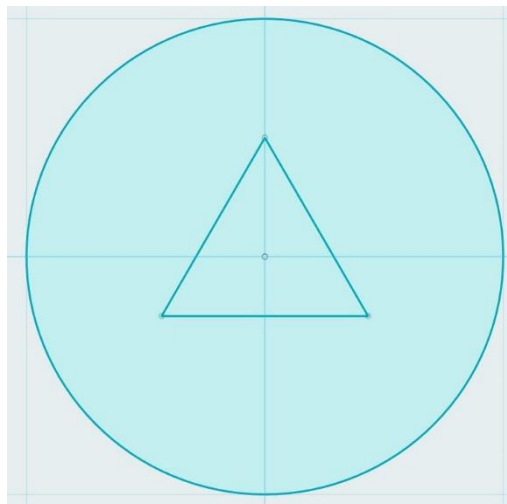
Dokončená tryska spojená s tělem pomůcky tvoří celek (Obrázek 55), který je zapotřebí doplnit o poslední prvek, pojistku.



Obrázek 55: Tryska spojená s tělem pomůcky.

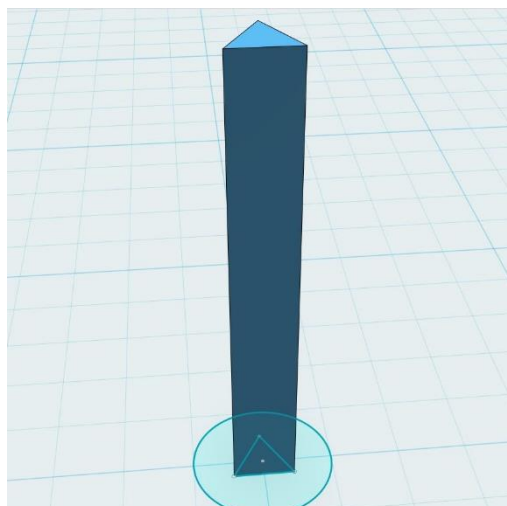
Pojistka

Pojistka slouží k zablokování bonbonů nad hrdlem PET lahve. Je ve tvaru rovnoramenného trojúhelníku navržena ve 2D (Obrázek 56).



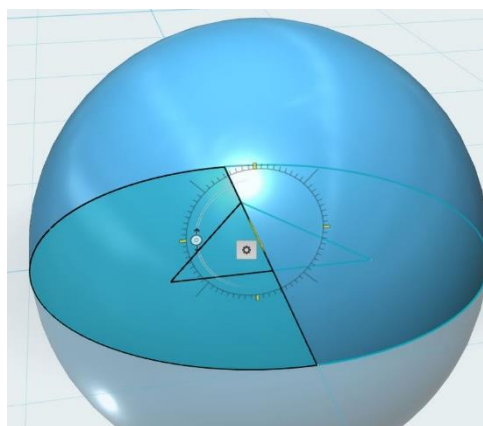
Obrázek 56: 2D návrh pojistky.

Plocha pojistky je vytažena do výšky $h = 34$ mm, rovnající se vnějšímu průměru závitů (Obrázek 57).



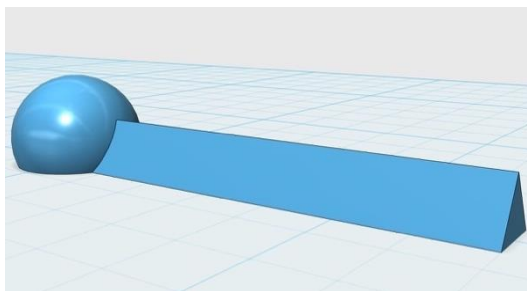
Obrázek 57: Vytažení první části pojistky do 3D.

Druhá část pojistky v původním tvaru koule, částečně seříznuté z důvodu praktičtější formy pro tisk, odpadá nutnost podpor (Obrázek 58).



Obrázek 58: Druhá část pojistky vytažená do 3D.

Spojením těchto dvou 3D objektů vznikl jeden celistvý, pojistka (Obrázek 59).



Obrázek 59: Pojistka připravena k tisku.

Parametry tisku

Na základě testování různých parametrů lze doporučit hodnoty shrnuté v následující tabulce (Tabulka 14).

Tabulka 14: Doporučené parametry tisku držáku bonbonů Mentos v. 1.

| | |
|------------|---------|
| infill | 15 % |
| brim | ano |
| supports | ne |
| resolution | 0,15 mm |
| material | abs |

Vytisknutý a zkompletovaný model

Vytisknutá, slepená pomůcka, doplněná o pojistku je kompletní pro demonstraci pokusu (Obrázek 60).



Obrázek 60: Vytisknutý model držáku bonbonů Mentos.

Metodika práce

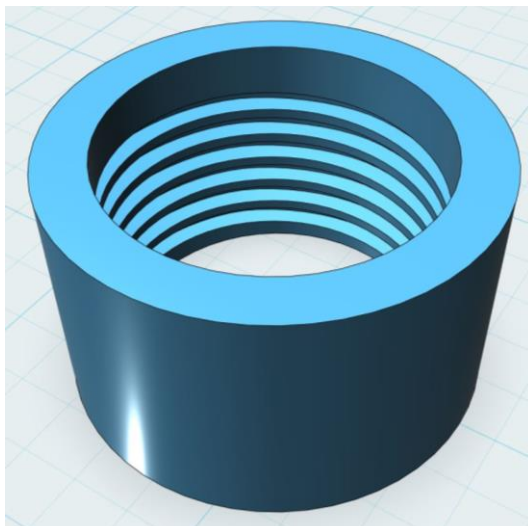
Držák naplníme libovolným počtem bonbonů Mentos a zajistíme pojistkou. Pomůcka je tímto připravena k našroubování na lahev plnou Coca-Coly. Najdeme vhodný prostor pro provedení pokusu. Láhev položíme na vodorovnou plochu, odjistíme pojistku a všechny bonbony napadají do láhve. Reakci vyvěrající kapaliny mohou žáci sledovat i několik sekund.

4.3.6 Držák bonbonů Mentos v. 2

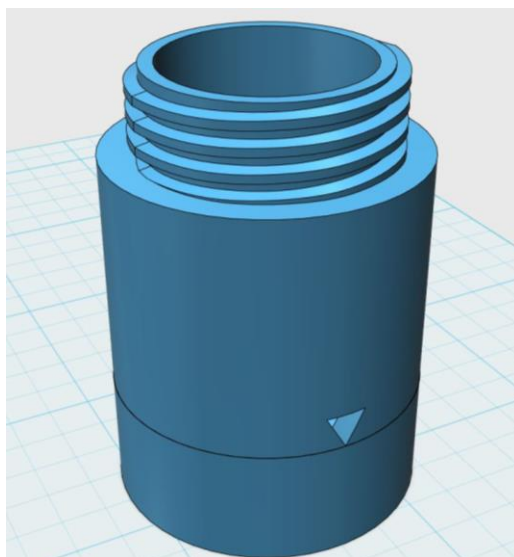
Druhá verze předchozí pomůcky obsahuje vylepšení týkající se lepší možnosti tisku objektu jako celku, není nutné nic lepit. Variabilitu výšky, spočívající v možnosti našroubování menšího či většího počtu částí na sebe.

Návrh pomůcky

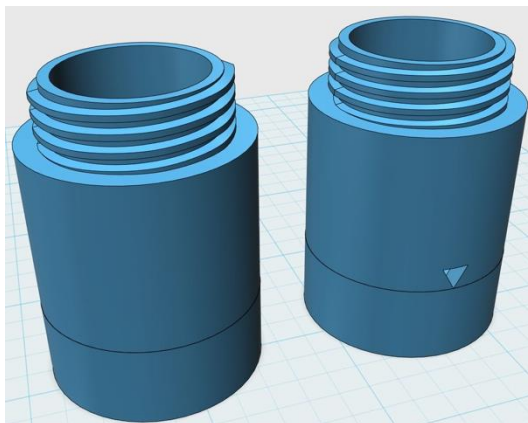
Pomůcka vychází již z vymodelované a v praxi ověřené části se závitem z přecházející verze (Obrázek 61).



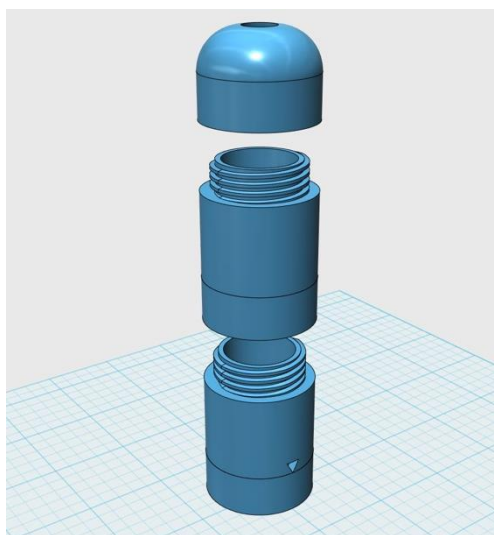
Obrázek 61: Vymodelovaný vnitřní závit z předchozí verze pomůcky. Spodní část držáku zahrnující vnitřní závit byla prodloužena na výšku $h = 50$ mm, včetně vnějšího závit, který vznikl ze stávajícího závitů zmenšením o 0,3 mm. Pouze spodní část obsahuje zdířku trojúhelníkového tvaru pojistky (Obrázek 62).



Obrázek 62: Spodní část držáku. Střední část, kopie spodní části bez pojistkové zdířky. Uživatel si vytiskne libovolný počet těchto částí podle množství bonbonů, které chce v pokusu použít (Obrázek 63).



Obrázek 63: Střední a spodní část držáku.
Poslední část držáku Mentos bonbonů je tryska s vnitřním závitem. Jednotlivé části lze do sebe pevně zašroubovat (Obrázek 64).



Obrázek 64: Spodní, střední a horní část držáku.

Parametry tisku

Na základě testování různých parametrů lze doporučit hodnoty shrnuté v následující tabulce (Tabulka 15).

Tabulka 15: Doporučené parametry tisku držáku bonbonů Mentos v. 2.

| | |
|------------|---------|
| infill | 15 % |
| brim | ano |
| supports | ne |
| resolution | 0,15 mm |
| material | abs |

Vytisknutý a zkompletovaný model

Vytisknutá, sešroubovaná pomůcka, doplněná o pojistku, je kompletní pro demonstraci pokusu (Obrázek 65).



Obrázek 65: Vytisknutý model držáku bonbonů Mentos.

4.3.7 Nádržka s komorami v. 1

Nádržku se stejně velkými komorami využijeme u laboratorního cvičení se soupravou Gamabeta. Téma: Závislost intenzity radioaktivního záření na vzdálenosti zdroje záření. Konkrétněji v měření závislosti intenzity záření na stínění. [20]

Zařazení ve výuce

Zařazení dle (RVP ZV) shrnuje Tabulka 16.

Tabulka 16: Zařazení do vzdělávacího oboru fyzika. [15]

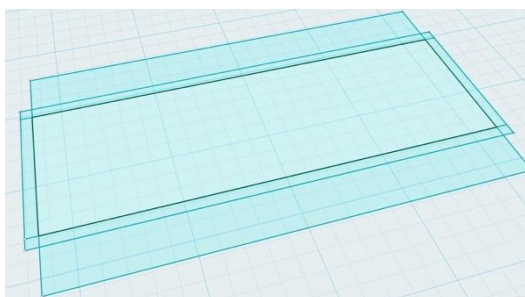
| | |
|-------------------|--|
| vzdělávací obsah | energie |
| učivo | formy energie – pohybová a polohová energie; vnitřní energie; elektrická energie a výkon; výroba a přenos elektrické energie; jaderná energie; štěpná reakce; jaderný reaktor; jaderná elektrárna; ochrana lidí před radioaktivním zářením |
| očekávané výstupy | <i>F-9-4-03 využívá poznatky o vzájemných přeměnách různých forem energie a jejich přenosu při řešení konkrétních problémů a úloh</i> |

Návrh pomůcky

Vytvořená pomůcka složena ze tří slepených částí, představuje nádržku. Nádržku je možné rozdělit tenkými přepážkami, až na čtyři komory. Celek nebo jednotlivé komory pomůcky jsou uzpůsobeny k naplnění kapalinou.

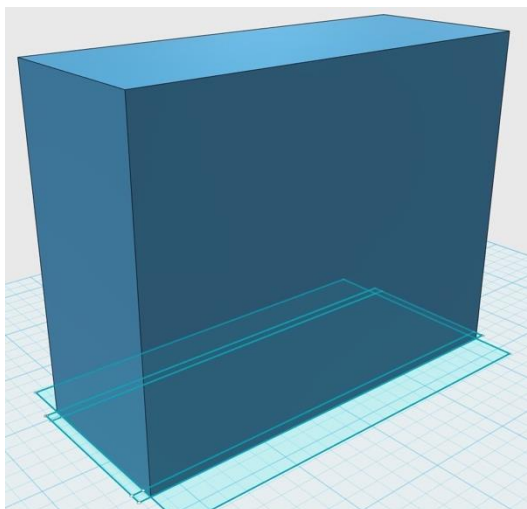
Nádržka

Rozměry pro náčrtek byly naměřeny z připravené Gamabeta soupravy. Nádržka zapadá mezi Geigerův-Müllerův čítač (GM) a zdroj záření o délce $l = 115$ mm a šířce $m = 44$ mm (Obrázek 66).



Obrázek 66: Náčrtek nádržky.

2D náčrt ve tvaru obdélníka vytažený do výšky $h = 90$ mm (Obrázek 67). Výška se odvíjí od zářiče zastrčeného v kovovém podstavci vyzařujícího ve výšce $h = 65$ mm.

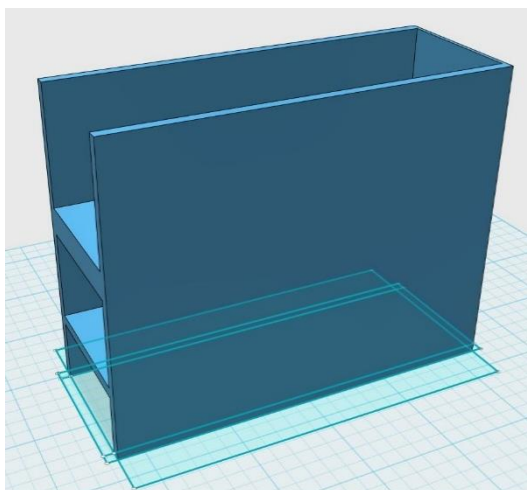


Obrázek 67: Vytažený objekt do 3D.

Spodní část kvádrů, sloužící jako stojánek, svými rozměry zapadá na kovový podstavec. Šířka mezi vnitřními stěnami $l = 38,125$ mm a výška $h = 18,125$ mm.

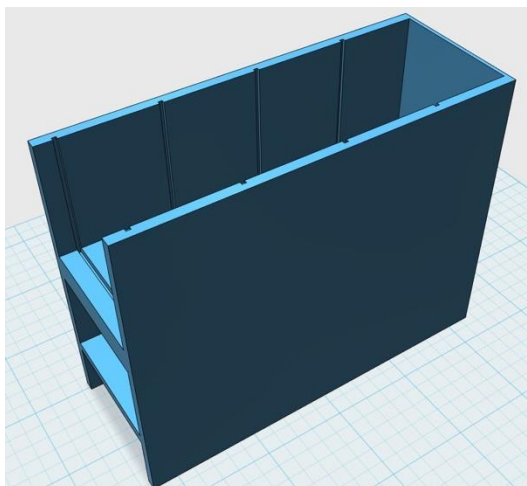
Střední část zůstala prázdná z důvodu ušetření tiskového materiálu a zkrácení celkové doby tisku.

Horní část, nádržka na jedné straně s pevně vestavěnou stěnou (Obrázek 68).



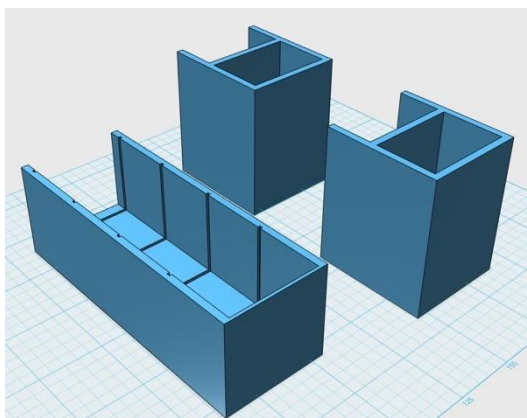
Obrázek 68: Uzpůsobené části kvádrů.

V horní části nádržky byly vytvořeny čtyři drážky ve tvaru písmene „U“ (Obrázek 69), do kterých natěsno zapadají přepážky.



Obrázek 69: Nádržka s drážkami.

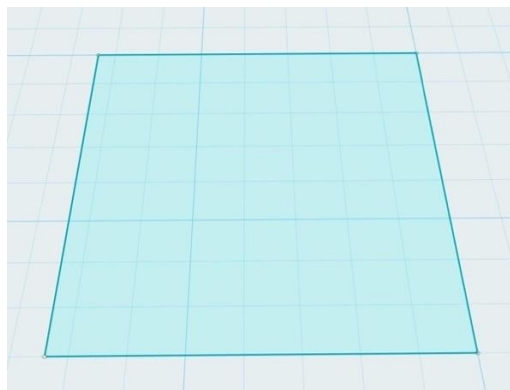
Nádržka rozložená na tři části kvůli snazšímu tisku bez použití podpěr (Obrázek 70).



Obrázek 70: Rozložená nádržka připravená k tisku.

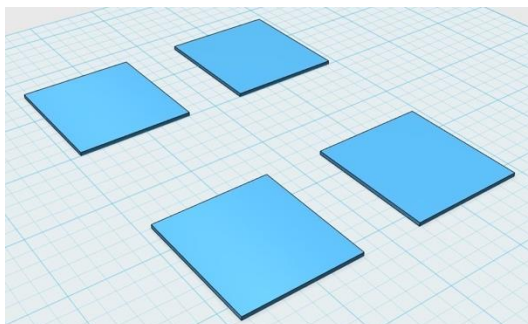
Přepážky

Přepážky slouží k rozdělení nádržky na ojedinelé části. Přepážka ve tvaru obdélníka o straně $a = 37$ mm a straně $b = 39,5$ mm (Obrázek 71).



Obrázek 71: Nákres přepážky.

Obrázek 72 ukazuje připravený 2D náčrtek přepážek vytažený do výšky $h = 1$ mm, 3× zkopírovaný.



Obrázek 72: Vytažené přepážky, připravené k tisku.

Parametry tisku

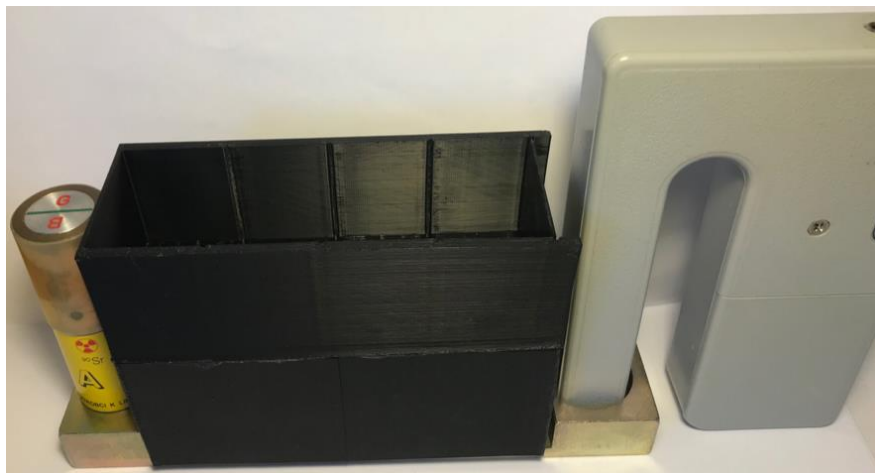
Na základě testování různých parametrů lze doporučit hodnoty shrnuté v následující tabulce (Tabulka 17).

Tabulka 17: Doporučené parametry tisku nádržky s komorami v. 1.

| | |
|------------|---------|
| infill | 15 % |
| brim | ano |
| supports | ne |
| resolution | 0,15 mm |
| material | abs |

Vytisknutý a zkompletovaný model

Vytisknutá, slepená pomůcka, doplňující soupravu Gamabeta, je kompletně připravená pro demonstraci pokusu (Obrázek 73).



Obrázek 73: Vytisknutý model nádrčky s komorami.

Metodika práce

Po sestavení soupravy vložíme nádrčku na železný držák s otvory, mezi vyzařující zdroj a GM čítač. Nejprve měříme průchod částic se samotným plastem a výsledky odečteme od pozadí. Následně měříme s jednotlivými komorami, naplněnými kapalinou a opět odčítáme od pozadí. Celkem můžeme měřit 4×, což je maximální počet komor. Pro měření je doporučován silnější zdroj záření, například demonstrační zdroj záření DZZ GAMA 241 Am, 300 kBq.

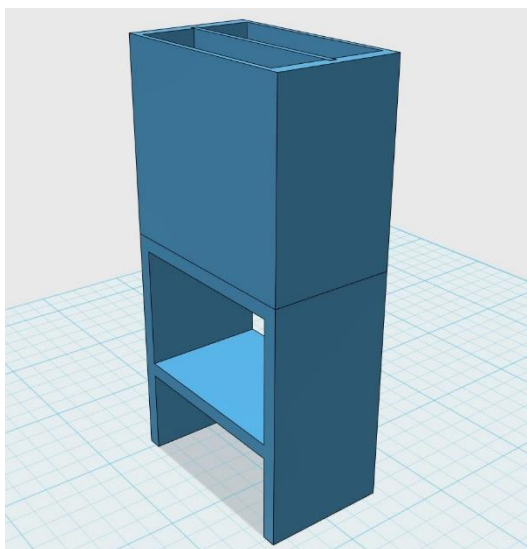
4.3.8 Nádržka s komorami v. 2

Druhá verze této pomůcky byla zhotovena vzhledem k slabšímu zářiči v laboratorní soupravě Gamabeta. Záření slabšího zdroje nedokázalo proniknout na vzdálenost cca 120 mm bez jakékoliv překážky.

Nádržka je z plastového materiálu ABS. Po ověření bylo zjištěno, že radioaktivní záření gama γ plastem prochází, viz Přílohy (Tabulka 21) a záření beta β prochází minimálně, takřka vůbec viz Přílohy (Tabulka 21). Pomůcka je tedy optimální pro laboratorní měření radioaktivního záření, kde komory můžeme postupně zaplnit kapalinou a opětovně provádět výpočty viz Přílohy (Tabulka 22, Tabulka 23).

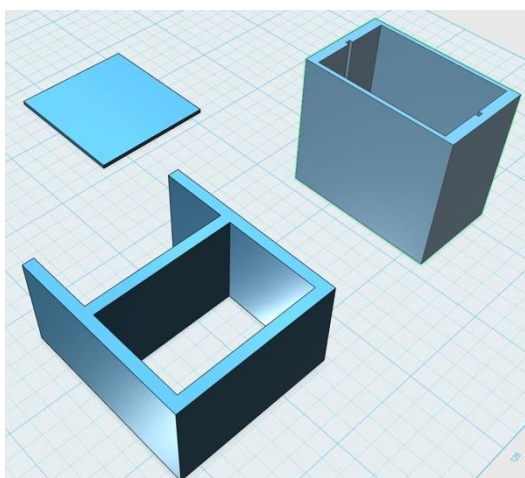
Návrh pomůcky

Nádržka je podstatně kratší $l = 26$ mm a obsahuje dvě komory s vyjímatelnou vnitřní přepážkou. Výška a šířka pomůcky zůstala oproti předchozí verzi zachována (Obrázek 74).



Obrázek 74: Nádržka s přepážkou.

Pomůcka jako jeden celek by mohla být tisknuta pouze s podpěrami, a proto jsme objekt rozdělili na části (Obrázek 75).



Obrázek 75: Rozložená nádržka s přepážkou připravená k tisku.

Parametry tisku

Na základě testování různých parametrů lze doporučit hodnoty shrnuté v následující tabulce (Tabulka 18).

Tabulka 18: Doporučené parametry tisku nádržky s komorami v. 2.

| | |
|------------|---------|
| infill | 15 % |
| brim | ano |
| supports | ne |
| resolution | 0,15 mm |
| material | abs |

Vytisknutý a zkompletovaný model

Vytisknutá, slepená pomůcka, doplňující soupravu Gamabeta, je kompletně připravená pro demonstraci pokusu (Obrázek 76).



Obrázek 76: Vytisknutý model nádržky s komorami.

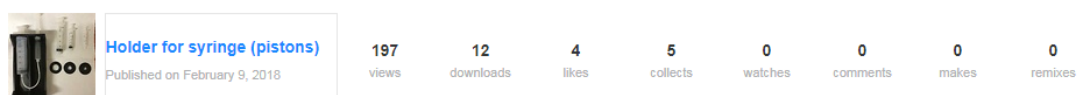
4.4 Sdílení modelů a pomůcek v online depozitáři

Všechny modely pod licencí CC jsou k dispozici na největším a nejnavštěvovanějším úložišti Thingiverse. Pomůcky jsou ke stažení v STL, obsahují fotografickou a textovou dokumentaci v AJ. Thingiverse umožňuje sledovat počty zhlédnutí, stažení, modifikace a jiné. Za dobu psaní práce se největší oblibě dostalo modelu Maxwellova kola, který získal i největší počet stahování.

Držák pístů

Odkaz: <https://www.thingiverse.com/thing:2788301>

Statistiku zobrazení, stažení shrnuje Obrázek 77:

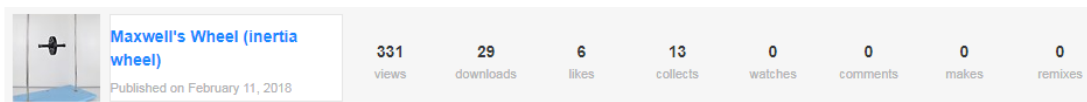


Obrázek 77: Analýza držák pístů.

Maxwellovo kolo

Odkaz: <https://www.thingiverse.com/thing:2790377>

Statistiku zobrazení, stažení shrnuje Obrázek 78:

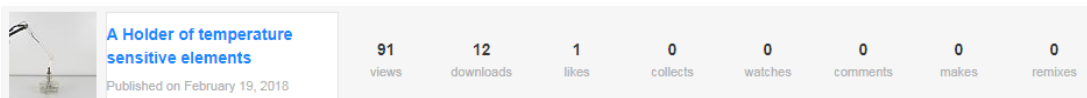


Obrázek 78: Analýza Maxwellovo kolo.

Držák teplotních čidel

Odkaz: <https://www.thingiverse.com/thing:2799749>

Statistiku zobrazení, stažení shrnuje Obrázek 79:

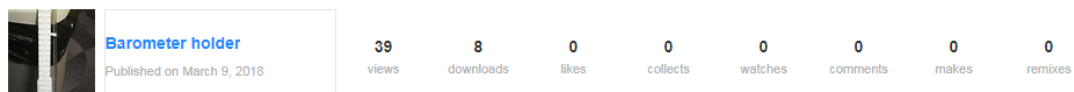


Obrázek 79: Analýza držák teplotních čidel.

Držák barometru

Odkaz: <https://www.thingiverse.com/thing:2820762>

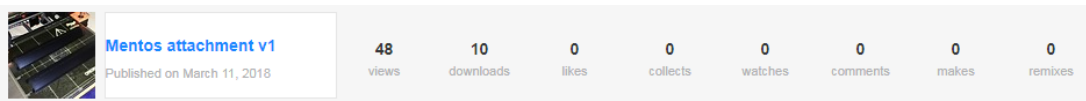
Statistiku zobrazení, stažení shrnuje Obrázek 80:



Obrázek 80: Analýza držák barometru.

Držák bonbonů Mentos v. 1Odkaz: <https://www.thingiverse.com/thing:2822160>

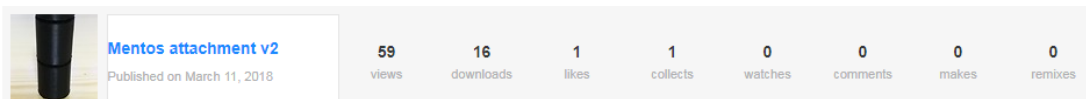
Statistiku zobrazení, stažení shrnuje Obrázek 81:



Obrázek 81: Analýza držák bonbonů Mentos v. 1.

Držák bonbonů Mentos v. 2Odkaz: <https://www.thingiverse.com/thing:2822175>

Statistiku zobrazení, stažení shrnuje Obrázek 82:



Obrázek 82: Analýza držák bonbonů Mentos v. 2.

Nádržka s komorami v. 1Odkaz: <https://www.thingiverse.com/thing:2833273>

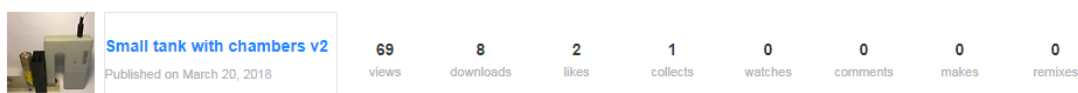
Statistiku zobrazení, stažení shrnuje Obrázek 83:



Obrázek 83: Analýza nádržka s komorami v. 1.

Nádržka s komorami v. 2Odkaz: <https://www.thingiverse.com/thing:2833321>

Statistiku zobrazení, stažení shrnuje Obrázek 84:



Obrázek 84: Analýza nádržka s komorami v. 2.

5 Experimentální část

Experimentální část se týkala poskytnutí vytvořených pomůcek pedagogům k vyzkoušení ve výuce a jejich případné úpravy na základě zpětné vazby. Pomůcky a modely byly zapůjčeny do těchto škol: ZŠ Planá nad Lužnicí, ZŠ a MŠ Bernartice, ZŠ Komenského Pelhřimov, ZŠ Nerudova České Budějovice, ZŠ a MŠ Tomáše Šobra Písek.

Maxwellovo kolo

Zpětná vazba k modelu Maxwellova kola (setrvačnicku) shodující se, se všemi dotazovanými: „*Tělo setrvačnicku vytvořené pomocí 3D tiskárny v kombinaci s běžně dostupnými předměty jako jsou závaží vyrobené ze šroubů a matek, provázku a školního stojanu, plně nahrazuje model Maxwellova kola.*

Jelikož cena této pomůcky se dnes pohybuje v řádech několika tisíc korun, často ve fyzikálních kabinetech chybí. Je nahrazována jinými pokusy pro přeměnu energií nebo jinými vlastnoručně vyrobenými setrvačnickami (např. z CD nosičů).

Při vhodném namotání provázku a správném vyrovnaní na stativu či stojanu funguje toto Maxwellovo kolo bez větších problémů a pro potřeby demonstračního pokusu je naprosto dostačující. Obecně si myslím, že 3D tiskárna se v nejbližších letech stane standardem na většině škol a 3D tisk podobných pomůcek může ušetřit nemalé finanční prostředky.“

Držák pístů

Zpětná vazba k pomůcce držáku injekčních stříkaček shodující se se všemi dotazovanými doplněná o fotografie z výuky viz Obrázek 85, Obrázek 86: „*Přenos tlaku v kapalinách se běžně na školách demonstruje pomocí injekčních stříkaček. Častý problém je ale s přesným měřením nutné síly ke stlačení obou pístů takto vytvořeného hydraulického zařízení. Žáci jsou tak odkázáni pouze na svůj vlastní pocit, že objemově menší píst je potřeba stlačit větší silou.*

S využitím stojanu vytvořeného pomocí 3D tisku, lze tyto injekční stříkačky upevnit. Díky tomu lze měřit sílu potřebnou k posunu jednoho pístu a zároveň sílu, kterou působí druhý píst. Za použití digitálních siloměrů (např. Pasco) lze tyto hodnoty zobrazovat všem žákům prostřednictvím interaktivní tabule.

Díky možnosti použití různých velikostí injekčních stříkaček tak lze vytvářet i více poměrů a měření pro názornost několikrát opakovat.“



Obrázek 85: Testování držáku injekčních stříkaček žáky.



Obrázek 86: Testování držáku injekčních stříkaček žáky.

Držák bonbonů Mentos

Zpětná vazba k pomůcce držáku bonbonů Mentos: „*Nástavec na uzávěr PET lahve zjednodušuje provedení experimentu, který zavádím do výuky Newtonových zákonů. Při diskuzi o raketovém pohonu ukazují velice jednoduše princip motoru na kapalné palivo. Nástavec ukazuje možný způsob dávkování (množství bonbonů Mentos). Pomůcku jsem dal k dispozici žákům, kteří s ní bez problému pracovali.*“

Držák teplotních čidel

Zpětná vazba k pomůcce držáku teplotních čidel shodující se, se všemi dotazovanými: „*Pokus na proudění v kapalině s teplotními čidly je možné demonstrovat celé třídě. Dříve jsem používal izolepu či jiné mechanismy na udržení konců ve zkumavce ve stejné výšce. Zároveň při dostatku vybavení je možné tento experiment provádět jako žákovský. Výtisk je jednoduchý a funkční, nic bych na něm neměnil.*“

Držák barometru

Zpětná vazba k pomůcce držáku barometru: „*S měřicí pomůckou se pracovalo dobře. Čitelnost číslic pod hladinou byla hůře čitelná. Číslice bych nějakým způsobem zvýraznil.*“

Nádržka s komorami

Zpětná vazba k pomůcce nádržka s komorami: „*Měl jsem tu možnost vyzkoušet pomůcky při laboratorním měření s Gamabetou. Větší nádržka nebyla využita kvůli zjištění, že záříč v soupravě je sám o sobě dost slabý. Menší nádržka se osvědčila skvěle. Nemuseli jsme s žáky laborovat s různými kelímky atd., které nám z konstrukce sklouzávaly. Nádržka se dala lehce přichytit na železný podstavec a dvě komory, které jsme postupně zaplnili kapalinou, bohatě postačily pro naměření výsledků.*“

6 Závěr

Prvním cílem práce bylo vytipování, vytištění a ověření funkčnosti již vytvořených modelů a pomůcek do výuky fyziky. Rozbor byl proveden u dvou fyzikálních modelů. Modely vytvořeny jinými autory byly dobře navrženy, a co do funkčnosti jim nic nescházelo. Výborně ve výuce nahrazují stávající, mnohdy ručně vyráběné modely.

Druhým cílem byla modifikace modelu vytvořeného jiným autorem. Na vybraném modelu bylo ukázáno, jak lze 3D tiskem nahradit určité části, čímž dochází k zjednodušení výroby. Zároveň použitím jiného materiálu lze vylepšit stávající vlastnosti.

Hlavním cílem práce bylo navrhnutí, vytvoření a ověření vlastních výukových modelů a pomůcek do výuky fyziky. U této části jsme strávili nejvíce času z důvodu navrhování, k čemu bude model a pomůcka potřebná, jak bude vypadat, bude využitelná atd. Dále z důvodu tisknutí, které mnohdy vyšlo správně, až po několika různých nastaveních tisku. Celkově bylo vytvořeno a ověřeno osm fyzikálních modelů a pomůcek, které jsou připraveny do hodin fyziky.

Všechny modely jsou sdílené v online depozitáři pod vybranou licencí CC. Jednotlivé projekty obsahují fotodokumentaci, stl tiskový soubor a doplňující text. Popis obsahuje zařazení do výuky, návod použití ve vyučovací hodině, nastavení tisku, modelovací program, použitou tiskárnu a jiné.

Posledním cílem bylo poskytnutí vytvořených pomůcek pedagogům k vyzkoušení ve výuce a jejich případné úpravy na základě zpětné vazby. Modely a pomůcky se líbily natolik, že některé školy místo nákupu fyzikálních pomůcek, zvolí cestu vlastní 3D tiskárny.

Seznam použité literatury

- [1] Kniha základy 3d tisku od Josefa Průši. *Prusa Research s.r.o. - 3D tisk a 3D tiskárny od Josefa Průši* [online]. Prvního pluku 621/8a, 18600, Praha 8, Czech Republic: Prusa Research, 2016 [cit. 2018-02-06]. Dostupné z: <http://www.prusa3d.cz/kniha-zaklady-3d-tisku-josefa-prusi/>
- [2] CVRČEK, Tomáš. *Technické aspekty použití 3D tisku ve výuce na ZŠ*. České Budějovice, 2016. Diplomová práce. Pedagogická fakulta Jihočeské univerzity. Vedoucí práce Michal Šerý.
- [3] 3D PRINTING INDUSTRY. *THE FREE BEGINNERS GUIDE TO 3D PRINTING* [online]. 3D Printing Industry, 2014 [cit. 2018-02-06]. Dostupné z: <http://3dprintingindustry.com/wp-content/uploads/2014/07/3D-Printing-Guide.pdf>
- [4] Katedra výrobních systémů a automatizace. *TECHNOLOGIE RAPID PROTOTYPING FDM* [online]. [cit. 2018-02-06]. Dostupné z: <http://www.ksa.tul.cz/pro-firmy/technologie-rapid-prototyping-fdm>
- [5] Přehled a principy základních metod. *3D tisk- metody* [online]. 2013 [cit. 2018-02-06]. Dostupné z: <http://www.14220.cz/technologie/3d-tisk-metody/>
- [6] VUTBR. *Aditivní technologie* [online]. [cit. 2018-02-06]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/podklady/sto_bak/cv_STV_04_Aditivni_techologie_metody_Rapid_Prototyping.pdf
- [7] STAVEBNICE 3D TISKÁRNY ORIGINAL PRUSA I3 MK2. *Prusa3d* [online]. Prusa Research, 2018 [cit. 2018-02-06]. Dostupné z: <https://www.prusa3d.cz/3d-tiskarna-stavebnice-prusa-i3/>
- [8] Shop prusa3d. *Tiskové struny* [online]. Prusa Research, 2017 [cit. 2018-02-06]. Dostupné z: <https://shop.prusa3d.com/cs/16-tiskove-struny>
- [9] Cadstudio. *Autodesk 123D* [online]. CAD studio [cit. 2018-02-06]. Dostupné z: https://www.cadstudio.cz/123d?gclid=CjwKCAiAweXTBRAhEiwAmb3Xu6eI-pulEr98VyDWZ3E3RxyNGJSI_-SEyA00qepuxeHbvB3LDQkXGo-RoC4JUQAvD_BwE

- [10] KOMOSNÝ, Jan. *Učební pomůcky a didaktická technika ve výuce odborných předmětů*[online]. Brno, 2013 [cit. 2018-02-27]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/209681/pedf_c/Zaverecna_Prace.pdf. Závěrečná práce doplňujícího pedagogického studia. Masarykova univerzita. Vedoucí práce Mgr. Pavel Pecina, Ph.D.
- [11] MAŇÁK, Josef. *Nárys didaktiky*. 3. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2003. ISBN 80-210-3123-9.
- [12] GESCHWINDER, Jan a kol. *Metodika využití materiálních didaktických prostředků*. 1. vyd. Praha: SPN, 1987. 262 s.
- [13] PETLÁK, Erich. *Všeobecná didaktika*. Bratislava: Iris, c1997. ISBN 80-88778-49-2.
- [14] BARTOŠ, Jiří. *Těleso pohybující se po nakloněné rovině nahoru* [online]. Brno, 2002 [cit. 2018-02-28]. Dostupné z: <http://www.physics.muni.cz/~bartos/kuzel/kuzel.htm>. Diplomová práce.
- [15] *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání* [online]. Praha, 2016 [cit. 2018-02-24]. Dostupné z: http://www.nuv.cz/uploads/RVP_ZV_2016.pdf
- [16] TESAŘ, Jiří a František JÁCHIM. *Fyzika 2 pro základní školu: síla a její účinky, pohyb těles*. Praha: SPN - pedagogické nakladatelství, 2008. ISBN 978-80-7235-381-1.
- [17] RŮŽENA KOLÁŘOVÁ ... [ET AL.]. *Fyzika pro 9. ročník základní školy*. Praha: Prometheus, 2000. ISBN 9788071961932
- [18] TESAŘ, Jiří a František JÁCHIM. *Fyzika 3 pro základní školu: světelné jevy, mechanické vlastnosti látek*. Praha: SPN - pedagogické nakladatelství, 2009. ISBN 978-80-7235-414-6.
- [19] TESAŘ, Jiří a František JÁCHIM. *Fyzika 5 pro základní školu: energie*. Praha: SPN - pedagogické nakladatelství, 2011. ISBN 978-80-7235-491-7.
- [20] Pracovní listy - laboratorní cvičení: Závislost intenzity radioaktivního záření na vzdálenosti zdroje záření. In: *Enviroexperiment* [online]. [cit. 2018-03-26]. Dostupné z: <http://www.enviroexperiment.cz/files/jaderne.pdf>

Seznam obrázků

| | |
|---|----|
| Obrázek 1: Zjednodušený popis procesu 3D tisku. [2] | 9 |
| Obrázek 2: 3D tiskárna Original Průša i3 MK2. | 10 |
| Obrázek 3: Program Autodesk 123D Design. | 12 |
| Obrázek 4: Podstava s dvojkuželem při pohledu shora..... | 19 |
| Obrázek 5: Podstava s dvojkuželem na konci demonstrace. | 19 |
| Obrázek 6: Vytisknutý model vznášedla..... | 20 |
| Obrázek 7: Vznášedlo s balónkem. | 21 |
| Obrázek 8: Původní dřevěný elektromotor. | 23 |
| Obrázek 9: 2D nákres podstavy a stěny. | 23 |
| Obrázek 10: Vytažení podstavy a stěny do prostoru..... | 23 |
| Obrázek 11: Upevnění stěny k podstavě. | 24 |
| Obrázek 12: Stator připravený k tisku..... | 24 |
| Obrázek 13: Nákres rotoru. | 25 |
| Obrázek 14: Vytažení rotoru do 3D. | 25 |
| Obrázek 15: Otvor pro uchycení osičky (hřebíčku). | 26 |
| Obrázek 16: Otvory pro namotání drátu. | 26 |
| Obrázek 17: Rotor připravený k tisku. | 26 |
| Obrázek 18: Vytisknutý stejnosměrný elektromotor. | 27 |
| Obrázek 19: 2D nákres částí těla držáku. | 29 |
| Obrázek 20: 2D nákres a 3D objekty. | 29 |
| Obrázek 21: Složený držák..... | 30 |
| Obrázek 22: Redukční kroužky umožňující použití různých průměrů stříkaček d | 30 |
| Obrázek 23: Hotový 3D nákres dvou držáků s redukčními kroužky. | 31 |
| Obrázek 24: Vytisknutý 3D model držáku..... | 32 |

| | |
|--|----|
| Obrázek 25: 2D nákres | 34 |
| Obrázek 26: Vytažení objektu..... | 34 |
| Obrázek 27: Tři části osičky..... | 35 |
| Obrázek 28: Spojená polovina osičky s otvorem. | 35 |
| Obrázek 29: Jedna polovina setrvačnicku..... | 36 |
| Obrázek 30: 3D model připravený k tisku. | 36 |
| Obrázek 31: Spojené Maxwellovo kolo. | 37 |
| Obrázek 32: Vytisknutý 3D model Maxwellovo kolo. | 38 |
| Obrázek 33: 2D nákres | 40 |
| Obrázek 34: Vytažený 3D model. | 40 |
| Obrázek 35: 3D model připravený k tisku. | 41 |
| Obrázek 36: Vytisknutý držák teplotních čidel..... | 42 |
| Obrázek 37: Kompletní set připravený k pokusu. | 42 |
| Obrázek 38: 2D nákres horní části držáku. | 44 |
| Obrázek 39: Vytažení objektu..... | 44 |
| Obrázek 40: Horní část držáku..... | 44 |
| Obrázek 41: Horní část držáku připravena k tisku. | 45 |
| Obrázek 42: 2D nákres spodní části držáku. | 45 |
| Obrázek 43: Vytažení objektu do 3D..... | 45 |
| Obrázek 44: Spodní část držáku připravena k tisku. | 46 |
| Obrázek 45: Vytisknutý model držáku barometru. | 47 |
| Obrázek 46: 2D nákres části závitu..... | 48 |
| Obrázek 47: Rozkopírované části závitu se stoupáním..... | 49 |
| Obrázek 48: Jedna šroubovice se stoupáním 2,5 mm. | 49 |
| Obrázek 49: Několik nakopírovaných šroubovic..... | 49 |
| Obrázek 50: Vymodelovaný závit..... | 50 |

| | |
|--|----|
| Obrázek 51: Tělo pomůcky. | 50 |
| Obrázek 52: 2D nákres podstav trysky. | 51 |
| Obrázek 53: Spojení podstav, vytvoření trysky. | 51 |
| Obrázek 54: Tryska s horním zaoblením. | 52 |
| Obrázek 55: Tryska spojená s tělem pomůcky..... | 52 |
| Obrázek 56: 2D návrh pojistky. | 53 |
| Obrázek 57: Vytažení první části pojistky do 3D. | 53 |
| Obrázek 58: Druhá část pojistky vytažená do 3D. | 53 |
| Obrázek 59: Pojistka připravena k tisku. | 54 |
| Obrázek 60: Vytisknutý model držáku bonbonů Mentos..... | 55 |
| Obrázek 61: Vymodelovaný vnitřní závit z předchozí verze pomůcky. | 56 |
| Obrázek 62: Spodní část držáku. | 56 |
| Obrázek 63: Střední a spodní část držáku. | 57 |
| Obrázek 64: Spodní, střední a horní část držáku. | 57 |
| Obrázek 65: Vytisknutý model držáku bonbonů Mentos..... | 58 |
| Obrázek 66: Nákres nádržky. | 59 |
| Obrázek 67: Vytažený objekt do 3D. | 60 |
| Obrázek 68: Uzpůsobené částí kvádrů. | 60 |
| Obrázek 69: Nádržka s drážkami. | 61 |
| Obrázek 70: Rozložená nádržka připravená k tisku. | 61 |
| Obrázek 71: Nákres přepážky. | 61 |
| Obrázek 72: Vytažené přepážky, připravené k tisku..... | 62 |
| Obrázek 73: Vytisknutý model nádržky s komorami..... | 63 |
| Obrázek 74: Nádržka s přepážkou..... | 64 |
| Obrázek 75: Rozložená nádržka s přepážkou připravená k tisku..... | 65 |
| Obrázek 76: Vytisknutý model nádržky s komorami..... | 66 |

| | |
|--|----|
| Obrázek 77: Analýza držák pístů. | 67 |
| Obrázek 78: Analýza Maxwellovo kolo..... | 67 |
| Obrázek 79: Analýza držák teplotních čidel. | 67 |
| Obrázek 80: Analýza držák barometru..... | 68 |
| Obrázek 81: Analýza držák bonbonů Mentos v. 1. | 68 |
| Obrázek 82: Analýza držák bonbonů Mentos v. 2. | 68 |
| Obrázek 83: Analýza nádržka s komorami v. 1. | 68 |
| Obrázek 84: Analýza nádržka s komorami v. 2. | 68 |
| Obrázek 85: Testování držáku injekčních stříkaček žáky. | 70 |
| Obrázek 86: Testování držáku injekčních stříkaček žáky. | 70 |

Seznam tabulek

| | |
|--|----|
| Tabulka 1: Zařazení do vzdělávacího oboru fyzika. [15]..... | 18 |
| Tabulka 2: Zařazení do vzdělávacího oboru fyzika. [15]..... | 20 |
| Tabulka 3: Zařazení do vzdělávacího oboru fyzika. [15]..... | 22 |
| Tabulka 4: Doporučené parametry tisku stejnosměrného elektromotoru. | 27 |
| Tabulka 5: Zařazení do vzdělávacího oboru fyzika. [15]..... | 28 |
| Tabulka 6: Doporučené parametry tisku držáku pístů. | 31 |
| Tabulka 7: Zařazení do vzdělávacího oboru fyzika. [15]..... | 33 |
| Tabulka 8: Doporučené parametry tisku setrvačníku..... | 37 |
| Tabulka 9: Zařazení do vzdělávacího oboru fyzika. [15]..... | 39 |
| Tabulka 10: Doporučené parametry tisku držáku teplotních čidel..... | 41 |
| Tabulka 11: Zařazení do vzdělávacího oboru fyzika. [15]..... | 43 |
| Tabulka 12: Doporučené parametry tisku držáku barometru. | 46 |
| Tabulka 13: Zařazení do vzdělávacího oboru fyzika. [15]..... | 48 |
| Tabulka 14: Doporučené parametry tisku držáku bonbonů Mentos v. 1. | 54 |
| Tabulka 15: Doporučené parametry tisku držáku bonbonů Mentos v. 2. | 58 |
| Tabulka 16: Zařazení do vzdělávacího oboru fyzika. [15]..... | 59 |
| Tabulka 17: Doporučené parametry tisku nádržky s komorami v. 1. | 62 |
| Tabulka 18: Doporučené parametry tisku nádržky s komorami v. 2. | 65 |
| Tabulka 19: Měření pozadí. | 80 |
| Tabulka 20: Vzdálenost č. 2..... | 80 |
| Tabulka 21: Materiál plast..... | 81 |
| Tabulka 22: Materiál voda, zaplnění jedné komory..... | 81 |
| Tabulka 23: Materiál voda, zaplnění obou komor. | 82 |

Přílohy

Měření s Gamabeta soupravou.

Tabulka 19: Měření pozadí.

| Měření pozadí: | |
|----------------|----------------|
| Č. měření | Počet částic n |
| 1 | 31 |
| 2 | 23 |
| 3 | 23 |
| 4 | 27 |
| 5 | 24 |
| 6 | 21 |
| 7 | 24 |
| 8 | 28 |
| 9 | 30 |
| 10 | 29 |
| Průměr | 26 |

Tabulka 20: Vzdálenost č. 2.

| Vzdálenost č. 2 | | |
|-----------------|------------------------|-------------------------|
| Č. měření | Počet β částic n | Počet γ částic n |
| 1 | 264 | 206 |
| 2 | 253 | 175 |
| 3 | 271 | 198 |
| 4 | 243 | 182 |
| 5 | 254 | 209 |
| 6 | 282 | 166 |
| 7 | 261 | 185 |
| 8 | 262 | 181 |
| 9 | 290 | 210 |
| 10 | 288 | 183 |
| Průměr | 240,8 | 163,5 |

Tabulka 21: Materiál plast.

| Vzdálenost č. 2, materiál plast | | |
|--|--|---|
| Č. měření | Počet β částic n | Počet γ částic n |
| 1 | 55 | 176 |
| 2 | 53 | 159 |
| 3 | 43 | 169 |
| 4 | 48 | 157 |
| 5 | 43 | 187 |
| 6 | 43 | 189 |
| 7 | 50 | 185 |
| 8 | 64 | 185 |
| 9 | 46 | 171 |
| 10 | 44 | 182 |
| Průměr | 22,9 | 150 |

Tabulka 22: Materiál voda, zaplnění jedné komory.

| Vzdálenost č. 2, materiál voda 1/2 | | |
|---|--|---|
| Č. měření | Počet β částic n | Počet γ částic n |
| 1 | 42 | 148 |
| 2 | 37 | 143 |
| 3 | 33 | 150 |
| 4 | 36 | 142 |
| 5 | 29 | 148 |
| 6 | 30 | 136 |
| 7 | 42 | 134 |
| 8 | 31 | 149 |
| 9 | 31 | 155 |
| 10 | 34 | 158 |
| Průměr | 8,5 | 120,3 |

Tabulka 23: Materiál voda, zaplnění obou komor.

| Vzdálenost č. 2, materiál voda 2/2 | | |
|------------------------------------|------------------------|-------------------------|
| Č. mě- ření | Počet β částic n | Počet γ částic n |
| 1 | 26 | 106 |
| 2 | 35 | 132 |
| 3 | 26 | 125 |
| 4 | 33 | 119 |
| 5 | 36 | 125 |
| 6 | 28 | 131 |
| 7 | 30 | 122 |
| 8 | 32 | 124 |
| 9 | 27 | 130 |
| 10 | 26 | 111 |
| Průměr | 3,9 | 96,5 |