

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
PEDAGOGICKÁ FAKULTA
Katedra technické a informační výchovy



Diplomová práce

Bc. Jakub Švarc

Učitelství techniky pro střední školy a praktických činností
pro 2. stupeň základních škol

Didaktické podmínky experimentu s technologií
3D tisku na 2. stupni ZŠ

Prohlášení

Mým podpisem zde prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci vypracoval samostatně, a to za použití literárních a elektronických zdrojů uvedených v seznamu na konci práce.

V Olomouci dne: 4.12. 2023

Jakub Švarc

Poděkování

Největší poděkování patří vedoucímu panu Mgr. Michalu Mrázkovi, Ph.D., Děkuji mu za bezkonkurenční spolupráci, odborné vedení, věcné rady a obrovskou pomoc při zpracování diplomové práce. Děkuji také mé rodině za veškerou podporu po celou dobu mého studia.

OBSAH

ÚVOD	5
TEORETICKÁ ČÁST	7
1. Pojetí vzdělávání, jeho cílů a vyučovací proces.....	7
2. Náležitosti vyučovacího procesu.....	11
2.1 Výukové metody	11
2.2 Organizační formy	14
2.3 Vyučovací hodina	19
2.4 Didaktické zásady	22
3. Didaktické prostředky	24
3.1 Charakteristika a členění	24
3.2 Vymezení potřebných didaktických prostředků pro navrhovaný experiment.....	27
4. Experimentování ve školství a rozvoj klíčových kompetencí.....	29
4.1 Experimentální výukové metody.....	29
4.2 Rozvíjené klíčové kompetence.....	30
4.3 Vymezení v kurikulu a současných trendech vzdělávání	32
PRAKTICKÁ ČÁST	34
5. Úvod k metodickému materiálu	34
6. Kompletní metodický materiál.....	35
7. Ukázka praktického odzkoušení v rámci BP	57
8. Závěrečné shrnutí k metodickému materiálu – osobní	62
EVALUAČNÍ ČÁST	63
9. Evaluační vzorek respondentů	63
9.1 Profil studenta.....	63
9.2. Profil učitele	63
10. Kritéria pro vyhodnocení	65
11. Evaluační souhrn včetně osobních postřehů	67
ZÁVĚR	72
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	73
SEZNAM ZKRATEK	75
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	76
SEZNAM TABULEK	77
ANOTACE	78

ÚVOD

Výuka v českém školství jde stále dopředu, avšak ne takovým tempem, jak bychom si možná všichni pedagogové představovali. Obecná technika a nové technologie přibývají opravdu neuvěřitelným tempem, a ať tuto myšlenku sdílíme či ne, je třeba žáky s tímto tématem daleko více seznamovat. Můžou totiž hrát klíčovou roli v budoucím zaměření a výběru žákova dalšího vzdělávání. Proto jsem se rozhodl trend moderněji pojatého školství zkusit lehce urychlit a pokusit se tak vedle klasicky pojaté výuky vymyslet něco, kde by hrálo hlavní roli objevování nových možností moderních technologií.

Hlavním cílem diplomové práce je tvorba návrhu metodického materiálu a jeho evaluace. Materiál bude sloužit převážně pedagogům vyučující na základních školách, kdy podle něj mohou do svého vzdělávacího procesu zařadit uskutečnění jistého poznávacího experimentu. Hlavní princip tohoto experimentu spočívá v pochopení a poznání moderních technologií, jež nás dnes stále častěji obklopují a stávají se důležitějšími v našem profesním i osobním životě. Jedná se hlavně o technologie 3D tisku a materiálového zkušebnictví. Experiment zahrnuje počítačové 3D modelování (testovacích vzorků), tisk na 3D tiskárně a zkoušku tahové pevnosti materiálů pro 3D tisk.

Diplomová práce je rozdělena na tři části:

- První část, teoretická, seznámí čtenáře se všemi základními didaktickými principy, které je důležité znát, v kontextu implementace experimentálních metod ve vzdělávání. Tento výběr informací zahrnuje podstatné činitele vzdělávacího procesu, kdy na základě této teorie byl vytvořen návrh metodického materiálu, který představuje experimentální pokus ve výuce. Uvedený výběr poznatků je klíčový pro vymezení experimentálních metod ve vzdělávání a jejich uplatnění ve vyučovacím procesu.
- Druhá část, praktická, obsahuje mnou kompletně vytvořený návrh metodického materiálu k experimentu, společně s úvodním a závěrečným shrnutím pro lepší pochopení problematiky. Zahrnuji zde i ukázkou praktického provedení experimentu v rámci mé předchozí studijní závěrečné práce.
- Třetí část, evaluační, pak hodnotí návrh metodického materiálu vybraným vzorkem hodnotitelů z řad studentů pedagogiky a učitelů z praxe.

Po dohodě s vedoucím byla struktura diplomové práce v průběhu jejího řešení lehce pozměněna, jelikož původní záměr a vize, kterou jsme si stanovili na úplném začátku, nebyla vlivem dílčích okolností organizačně uskutečnitelná v plném rozsahu. Uznali jsem však, že to vůbec není na škodu a závěrečná diplomová práce byla posunuta lepším směrem hlavně k řádnější posloupnosti tematických celků a celkové srozumitelnosti. Podstatné je, že hlavní cíl a rozdělení na tři stěžejní části bylo v práci zachováno, ale tyto části byly tedy přeuspořádány a poupraveny.

TEORETICKÁ ČÁST

V první části této diplomové práce nalezneme čtveřici kapitol teoretických celků rozebírající klíčovou soustavu poznatků vázanou k návrhu v praktické části práce. Proto zde rozebíráme poznatky týkající se základních oblastí didaktiky vzdělávání a didaktických prostředků – jejich výběr, kategorizaci a didaktické zařazení. Dále si definujeme experiment ve školním prostředí a jeho přínos v rozvoji klíčových kompetencí v podmínkách základního vzdělávání, společně s vymezením informací týkající se kurikula českého školství a možné zařazení návrhu v souladu s moderněji pojatými trendy vzdělávání.

1. Pojetí vzdělávání, jeho cílů a vyučovací proces

Dle autora Kohouta (2007) může být termín vzdělávání jednoduše interpretován jako proces získávání vědomostí, dovedností, návyků a postojů konkrétního jedince. Ve stejné publikaci pak v širším procesu dále chápeme vzdělávání jako proces, který zahrnuje celkové polidš'ování a kultivaci člověka, společně s aspekty začleňování jedince do sociální společnosti a tvorbu individualizované osobnosti.

Definicí pojmu vzdělávání se však nezabývá pouze jeden autor. Definic a chápání je hned několik. Například po nakouknutí do pedagogického slovníku od autorů Průchy, Walterové a Mareše zjistíme toto tvrzení. Vzdělávání je „*společensky organizovaná činnost zabezpečovaná institucí školství, formálního vzdělávání, celoživotního učení/vzdělávání aj.*“ (Průcha, Walterová, Mareš, 2009, s. 361). Po dočtení a následné analýze zjistíme, že zrovna tito autoři vyjadřují skoro tentýž význam avšak, jinými slovy. Obě definice tak ve shrnující podobě popisují vzdělávání vždy jako určitý proces a ten vede k postupnému zisku informací, dovedností, vědomostí a životních hodnot člověka. U pedagogického slovníku ještě chvíli zůstaneme a popíšeme si, jak ještě dále na vzdělávání slovník nahlíží.

Zprv je ve vzdělávání důležitý individuální sociální rozvoj jedince. Jedinci se hlavně snažíme rozvíjet jeho kognitivní schopnosti, kterými jsou již zmíněné vědomosti, dovednosti a vlastní názory, avšak vždy směřovány ke správným hodnotám. Tomuto pojetí říkáme osobnostní a formujeme jej vzdělávacím procesem. Abychom mohli jedince tímto stylem rozvíjet potřebujeme náležité instituce. Těmi mohou být školy, ale i jiné subjekty, které umožňují další vzdělávání. Například celoživotní učení, které nabízejí vysoké školy atd. Proto pojetí institucionální. Toto pojetí pojmenovává i úrovně a stupně vzdělávání

kteřé moc dobře známe. Je jím vzdělání základní, střeřoškolské a vysokoškolské. Pro instituce a osobnostní rozvoj potřebujeme pevně daný obsah vzdělávání. Ten je strukturován a plánován systémem kurikulárních dokumentů vydávané Ministerstvem školství mládeže a tělovýchovy (MŠMT). Školy disponují možností některé z těchto dokumentů upravovat a tvořit si tím svůj osobní plán vzdělávacího procesu. Z tohoto plánu vzdělávacího procesu pak vychází vyučovací předměty s příslušnými tematickými plány, které jsou ve škole vyučovány.

Máme zde ještě dvě závěrečná pojetí, která si shrneme jako jeden celek. Jedná se o pojetí procesuální a socioekonomické. Jak už název napovídá, tak procesuální se zabývá hlavně otázkou vzdělávacího procesu. Čím a jakými metodami vlastně jedince a společnost edukujeme. Koncept socioekonomického pojetí zdůrazňuje vliv sociálních podmínek a ekonomického prostředí na vzdělávací systém. Kvalita vzdělání je vnímána jako klíčový faktor ovlivňující ekonomické schopnosti a kvalifikovanost obyvatelstva (Průcha, Walterová, Mareš, 2013).

Zdeněk Kalhous, český pedagog a didaktik, naproti tomu ve své knize popisuje vzdělávání dvojím pojetím. První pojetí vzdělávání, které popisuje, je odkazováno na pojetí dle J. A. Komenského. Komenského přístup klade důraz na celostní výchovu a vzdělání jednotlivce a ve svém konceptu vidí školu jako příjemnou hru pro žáka, kde se žák vždy naučí něco užitečného (Kalhous, 2002). Komenský navrhl známý čtyřstupňový systém vzdělávání, zahrnující mateřské školy, základní, střední a vysoké školy. Jeho pampaedie je považována za jednu z nejoriginálnějších myšlenek českého pedagoga, která nemá obdoby. V kulturním vývoji ostatních evropských zemích, ale odráží některé prvky vzdělávacích snah v českých zemích (Cíhová, 2020). Druhé popisované pojetí vzdělávání, je pojetí podle Deweyho, které se zaměřuje na výchovu a vzdělávání konkrétního jedince (Kalhous, 2002).

Veškerý vzdělávací proces se všemi ostatními náležitostmi by měl stále směřovat k určitému cíli. V nejlepší případě vždy k cíli tzv. Výchovně vzdělávacímu. Těch může být hned několik a formulujeme je tak, aby podporovaly komplexní rozvoj žáků nejen ve znalostech, dovednostech a postojích, ale i v oblasti osobnostního, sociálního a morálního růstu.

Možné příklady výchovně vzdělávacích cílů na základě literatury Z. Kalhouse (2002).

- Cíl rozvoje kritického myšlení: Cílem může být rozvíjet u žáků schopnost kritického myšlení, schopnost analyzovat informace, posuzovat argumenty a formulovat vlastní názory.
- Cíl etického a morálního rozvoje: Podporovat morální a etický rozvoj žáků, aby byli schopni rozpoznat a řešit morální dilemata, respektovat rozmanitost a jednat zodpovědně.
- Cíl rozvoje sociálních dovedností: Vytvářet prostředí, ve kterém žáci rozvíjejí sociální dovednosti, jako je spolupráce, komunikace, empatie a řešení konfliktů.
- Cíl podpory sebepojetí a sebehodnocení: Cílem může být podporovat pozitivní sebepojetí u žáků, posilovat jejich sebedůvěru a schopnost ohodnotit sám sebe.
- Cíl rozvoje komunikačních dovedností: Vzdělávací proces by měl pomáhat žákům rozvíjet efektivní komunikační dovednosti, včetně psaní, mluvení a poslechu.
- Cíl zájmu o učení a samostatnost: Podněcovat zájem o učení, podporovat samostatnost v myšlení a učení a rozvíjet dovednosti řešení problémů.
- Cíl kulturní a občanské gramotnosti: Cílem může být posilovat povědomí o kulturní rozmanitosti a občanské odpovědnosti, aby byli žáci připraveni na aktivní účast ve společnosti.
- Cíl fyzického a duševního zdraví: Vytvářet povědomí o důležitosti fyzického a duševního zdraví, a podporovat mezi žáky zdravý životní styl.
- Cíl rozvoj kreativity: Podporovat u žáků tvůrčí myšlení a kreativitu, aby byli schopni inovativního přístupu k řešení problémů.
- Cíl přípravy na pracovní a životní dovednosti: Poskytovat žákům dovednosti a znalosti, které jsou relevantní pro jejich budoucí kariéru a život v moderní společnosti.

Navrhovaný experiment v praktické části diplomové práce může rozvíjet hned několik těchto příkladných cílů. Jmenovitě například rozvoj kritického myšlení, zájem o učení a samostatnost, rozvoj kreativity či životní dovednosti pro budoucí profesní život.

Důkladné zpracovávání cílů v didaktice jakéhokoli předmětu je jedním z hlavních předpokladů efektivního řízení vzdělávací činnosti. Cíle musí být jasně formulovány, aby byly snadno srozumitelné, ověřitelné a kontrolovatelné. Je nezbytné vycházet z cílů obecných, které souvisejí s konkrétním studijním oborem nebo předmětem. Tyto cíle lze

nalézt v kurikulárních dokumentech, v rámci vzdělávacích programů, a v definovaných klíčových kompetencích, které si rozebereme v dalších kapitolách (Čadílek a Loveček, 2005).

Jako další z cílů vzdělávání můžeme nazvat i přímo konečné „vzdělání“ jedince. Ač se to na první pohled nemusí zdát, tak pojmy vzdělávání a vzdělání jsou dvěma odlišnými termíny. Skalková (2007) uvádí, že společnost považuje člověka za vzdělaného ve chvíli, kdy si osvojí jisté dovednosti a vědomosti a umí s těmito poznatky dále pracovat. To znamená užívat je při řešení nových úkolů a získat dovednost dalšího sebevzdělání. Další podmínkou vzdělanosti je osvojení morálních hodnot a tvorba určitého postoje k sobě samému i společnosti. V didaktickém pohledu znamená vzdělání výsledek všech pedagogických procesů, kterými dojdeme právě ke vzdělanosti člověka. Vzdělání však není vždy spojeno jen s vyučovacími procesy, ale dosahujeme jej i procesy mimo něj.

Vzdělávání, které směřuje k výše zmíněným cílům je pak vedeno vyučovacím procesem. Pojďme si to tento pojem blíže vysvětlit. Vyučovací proces zahrnuje činnosti učitele, který pomocí různých výukových forem předává žákům chtěné vědomosti. Tomuto cílenému předávání informací se říká vyučování. To, co je naopak vyžadováno po žácích se nazývá učení. Učení vyžaduje přímou aktivitu žáků, kteří z procesu vyučování získávají vědomosti, které jim učitel poskytuje. Vyučování a učení má dvě podstatné složky. Obsahovou složku a složku procesní. Mezi těmito dvěma složkami existuje vzájemný vztah.

Obsahová složka je relativně stabilní a konstantní, zatímco druhá složka, procesní, je dynamická v rámci interakce mezi učitelem a žákem. Tuto dynamickou složku nazýváme vyučovacím procesem. Vnitřní vztahy jsou zde vzájemně propojeny a mají na sebe významný vliv. Proto si můžeme říct, že celkový vyučovací proces tak chápeme jako systém výuky zahrnující cíl, obsah, podmínky, prostředky výuky, typy výuky a samotný vzdělávací proces s jeho výsledky. Vzdělávací proces je úmyslným a cílevědomým postupem, jehož záměrem je vést kvalitativní změny ve vědomostech, dovednostech a návycích žáků (Janiš, 2010).

2. Náležitosti vyučovacího procesu

2.1 Výukové metody

Experiment ve školství představuje vyučovací proces složený z kombinace různých výukových metod, organizačních forem a dalších náležitostí pedagogického procesu. Proto se se všemi těmito didaktickými náležitostmi v následující kapitole obecně seznámíme. Zákonitosti těchto didaktických pravidel byly klíčové při návrhu experimentu a z něj vycházející tvorbu návrhu metodického materiálu určeného pro učitele.

Výukové metody hrají ve výuce klíčovou roli. Určují vlastní interakci mezi učitelem a žákem. V nejobecnějším smyslu lze metodu chápat jako prostředek k dosažení určeného cíle. Výukovou metodou myslíme i způsob, jak dosáhnout stanovených výukových cílů. Aby těchto stanovených cílů v kontextu výukových metod mohl učitel a žák společně dosáhnout, musí spolu spolupracovat a vzájemně interagovat. Interakce mezi učitelem a žákem musí probíhat primárně s pochopením žakových individuálních potřeb a jeho sociálního a psychologického stavu. V rámci této interakce je rovněž důležitým úkolem žáka, který má svá jistá osobní specifika, aby se ztotožnil se stanoveným cílem výuky (Kalhous, 2002).

Pojmenování společně s klasifikací výukových metod nemá v didaktice školství jen jednu striktní podobu. Výukovými metodami se zabývá větší množství autorů. Některé z nich jsou podobné a navzájem se prolínají, jiné jsou pro konkrétního autora originální. Abychom nemuseli uvádět obrovský výčet všech dostupných a pojmenovaných výukových metod, bude nám pro představu a pochopení stačit uvést přehled jen jeden. Uvádím tak zde rozčlenění výukových metod podle J. Maňáka (1995), který je dle mé osobní preference velice dobře a přehledně zkoncipován.

A. Metody z hlediska pramene poznání a typu poznatků, které mají didaktický aspekt.

I. Metody slovní

1. monologické metody (přednáška, popis, vysvětlování, vyprávění)
2. dialogické metody (rozhovor, diskuse, dialog)
3. metody písemných prací (písemná cvičení)
4. metody práce s knihou nebo učebnicí

II. Metody názorně demonstrační

1. pozorování předmětů, objektů, jevů a procesů

2. předvádění (modelů, předmětů, činností a pokusů)
3. demonstrace obrazů statických (grafy, schémata)
4. projekce statická a dynamická (animace, videosekvence, audio)

III. Metody praktické

1. nácvik pohybových a pracovních dovedností
2. laboratorní činnosti
3. pracovní činnosti (dílny)
4. výtvarné a grafické činnosti

B. Metody z hlediska aktivity a samostatnosti žáků, které mají psychologický aspekt.

I. Metody sdělovací

II. Metody samostatné práce žáků

III. Metody problémové, badatelské a výzkumné

C. Struktura metod z hlediska myšlenkových operací, které mají logický aspekt.

I. Postup srovnávací

II. Postup induktivní

III. Postup deduktivní

IV. Postup analyticko-syntetický

D. Varianty metod z hlediska fází vzdělávacího procesu, které mají procesuální aspekt.

I. Metody motivační

II. Metody expoziční

III. Metody fixační

IV. Metody diagnostické

V. Metody aplikační

E. Varianty metod z hlediska výukových forem a prostředků, které mají organizační aspekt

I. Kombinace metod s vyučovacími formami

II. Kombinace metod s vyučovacími pomůckami

F. Aktivizující metody, které mají interaktivní aspekt.

I. Diskuzní metody

II. Situační metody

III. Inscenační metody

IV. Didaktické hry

V. Specifické metody

Komplexnější charakteristiku metod A, které vychází z hlediska pramene poznání s didaktickým aspektem je důležité si pro účely této práce stručně popsat.

Jako první zde máme **metody verbální komunikace**, které jsou jedním z klíčových prvků vyučování. Druhů těchto metod je hned několik. Jejich vhodná účelnost se však odvíjí od správného použití. Aby mohl učitel ve své výuce tyto metody účelně využít musí mít k dispozici jistou úroveň řečnických dovedností. Za nezbytně důležité je považována schopnost přesného a jasného vyjadřování, k čemuž se velmi dobře hodí například jednoduchý popisný jazyk. Při užití cizích slov, ale i odborné terminologie je nutné tyto slova žákům hned podrobně vysvětlit a uvést příklad jejich použití.

Přednáška, popis nebo instruktáž jsou metodami monologickými (nejčastěji hovoří vyučující). Ty nám v největší míře slouží k seznámení žáků s novými informacemi.

Dialogické metody, jako je rozhovor, diskuse, dramatizace a brainstorming, vyžadují hluboké znalosti učitele a flexibilitu žáků při akceptaci odlišných názorů. Metody žákovské diskuze a učitelem moderovaný rozhovor však mohou ve třídě zlepšit jistou míru společenský vazeb mezi spolužáky. Brainstormingová metoda umožňuje vyjádřit své myšlenky k předem zadanému tématu a tyto myšlenky dále rozvíjet s ostatními. U této metody je vždy nutné vymezit dostatečný čas pro dosažení lepšího ucelení žákových myšlenek. Své místo zde mají i metody tzv. dramatizace. Jejich největší předností je podpora rozvoje kreativity a pohodovější (uvolněnější) atmosféra ve třídě.

Nesmíme zapomenout také na dovednosti rozvoje práce s textovými materiály. Ty jsou velice efektivní hlavně v případech samostatné práce. Musíme ovšem vždy přesně vymezit úkoly, jež má žák splnit. Pracuje se s učebnicí, s knihou, s časopisem nebo s příručkou. Mělo by se jistě jednat o text s učebními poznatky.

Další metody obsahují prvky **demonstrace s hlavním důrazem na názornost**. Nejpodstatnějším účelem těchto metod je demonstrace různých jevů, či práce s dalšími zařízeními a objekty, které žáci během ukázky aktivně sledují. Při pozorování demonstrace má učitel velmi významný úkol. Jeho snahou je klást vysoký důraz na počet zapojených lidských smyslů. To nám pomáhá k co nejlepšímu pochopení problematiky. Učitel by měl také průběžně sledovat, zda žáci věnují všem těmto aspektům a procesům náležitou pozornost. Názorně demonstrační metody lze používat přímo ve třídě během vyučovacího procesu, případně se dá využít moderních zobrazovacích zařízení a můžeme tak žákům promítnout různá videa s pokusy, technologiemi či jejich funkční animace. Hodnotné

videosekvence a animace mohou efektivně doplnit výklad a osvětlit procesy, které by žáci jinak nemohli sledovat, například mikroskopické děje, vzdálené astronomické objekty, rychlé či pomalé reakce atd.. Na místě je ovšem varování před nadměrným používáním těchto prostředků, protože by mohly brzy přestat žáky bavit.

Zvláštní skupinu tvoří experimenty řízené na dálku, provedené ve vzdálené laboratoři, ale atributy experimentu jsou zadávány přímo ve třídě pomocí počítače připojeného k internetu. Toto řešení je právě možné použít i v případě námi navrhovaného experimentu, pokud narazíte na překážky spojené s materiálním vybavením vaší školy.

Stejně tak se s navrhovaným experimentem pojí **metody praktické**. Hlavní zásadou praktických metod je spojení teorie a praxe. Žáci uplatňují naučené teoretické poznatky a aplikují je do činnosti, která může mít charakter pokusu, tvorby výrobku, manuální práce a spousty dalších. Praktické metody tímto způsobem velmi dobře rozvíjí motorické dovednosti žáků. Metody praktického rázu umožňují žákům teorii lépe pochopit a ukotvit získané principy pro budoucí využití (Maňák a Švec, 2003).

2.2 Organizační formy

V rámci našich teoretických poznatků k experimentu, je také nutné mít povědomí o organizačních formách výuky. Organizační formy definují podmínky výuky a jejich uspořádání do logických činností a návazností. Učitel si na základě prostředí, ve kterém učí stanovuje předpoklady postupu svých činností ve výuce. Organizuje i ty činnosti, které budou během zadaných úkolů vykonávat žáci. Organizační struktura výuky musí dodržovat didaktické zásady pedagogického procesu, kterými se ještě v rámci práce budeme zabývat. Měly by být kompatibilní i s formami výukových metod společně s používanými výukovými pomůckami. Pro lepší pochopení zjednoduším pojem tak, že organizační forma výuky zahrnuje veškerou organizaci vnějších a vnitřních podmínek, ve kterých probíhá výukový proces (Čadílek a Loveček, 2005).

Učitel musí organizační formu vybírat v závislosti na:

- Cílech své výuky.
- Charakteru učiva.
- Připravenosti a specifických potřebách žáků společně s jejich individuálními zvláštnostmi.
- Dostupných možnostech ve škole.

V této části podkapitoly se budeme věnovat obsáhlejšímu popisu jednotlivých typů organizačních forem výuky, které charakterizoval Kamil Janiš (2019), doplněným o případné poznatky dalších autorů.

Hromadná výuka též zvaná frontální. Vedoucí úlohu má učitel, žáci jsou po většinu času pasivními příjemci informací předkládaných učitelem. Při hromadné formě výuky má učitel plnou odpovědnost za řízení veškerých výukových aktivit v celé třídě najednou.

Hromadná výuka má mnoho výhod. Kupříkladu je ideální volbou při vysvětlování nového učiva nebo vypravování. V této podobě je učitel schopen předat velké množství informací a jasnou strukturu výkladu nic nenarušuje. Velkou výhodou představuje zejména pro učitele samotné, a to z časových důvodů. Je totiž poměrně snadná na přípravu, vzhledem k tomu, že nezahrnuje vytváření úloh či designování aktivit pro rozvoj myšlení o tématu či řešení problémů. Dobře ji zvládne i pedagog bez zkušeností, neuplatňuje při ní nutně mnoho pedagogických dovedností. Nesporně je i časově efektivní. Hodina se řídí tempem učitele a je tedy možné projít velké množství učiva. Žáci mohou oceňovat nízkou náročnost této formy výuky, neboť neklade téměř žádné nároky na žákovu myšlenkovou činnost. Jedinou potřebou je dávat pozor a poslouchat, žák se nijak nezapojuje, nic aktivně nevymýšlí, nespojuje, neobjevuje. Vedou se velké diskuze o tom, zda je tento typ výuky efektivní z hlediska žákovských výsledků (Petty, 2013).

Hromadnou výuku je vhodné aplikovat v homogenních třídách (podobný věk žáků, identické úkoly, učí se ve stejný čas). I přes to, že v současnosti existuje mnoho výhod hromadné výuky a uzpůsobují se jí i školní učebny, dochází k postupnému nahrazování jinými formami, které upřednostňují aktivitu žáků.

Nejsložitější část v této formě výuky představuje pro učitele motivace žáků a udržení kázně. Počet žáků ve třídě proto hraje významnou roli, kdy menší počet žáků usnadňuje práci učitele a zvyšuje celkovou efektivitu výchovně vzdělávacího procesu. Učitel má také velmi omezenou zpětnou vazbu. Jedinou možností zpětné vazby je oční kontakt a ústní dotaz.

Hromadná výuka má však i mnoho negativ, které jí v současnosti i v České republice odsouvají do pozadí. Hlavním problémem je, že učitel není schopen najednou přizpůsobit výklad srozumitelně pro všechny skupiny žáků ve třídě. Přesto, že je třída homogenní, úroveň schopností žáků se liší. Někteří žáci se mohou nudit, zatímco jiní výkladu nerozumí. Další nevýhodou hromadné výuky je omezení individuální aktivity

žáků. Tento jednotný přístup může mít svá negativa, např. talentovaní žáci nemají prostor růst (Janiš, 2019).

Skupinová forma výuky. Pro zvýšení efektivity učení je vhodné rozdělit třídu do několika menších skupin, kde každá skupina pracuje nezávisle na přiděleném úkolu. *„Práce ve skupinách je aktivní. Umožňuje žákům, aby si procvičovali metody, pravidla či slovní zásobu. (...) Většinou to znamená také sebekontrolu a vzájemnou pomoc. Je činností, která je zábavná sama o sobě a zároveň v sobě skrývá obrovský učební potenciál“* (Petty, 2013, s. 229). Ten vidí Petty zejména v tom, že si žáci utřídí novou látku. Tato práce vyžaduje, aby pro žáky mělo učivo osobní smysl. Žáci též přejímají zodpovědnost za učení. Skupinová práce má vždy nějaký výsledek, na kterém se jednotlivci podílejí.

Tuto formu volíme pro celkové zvýšení aktivity a komunikace mezi jednotlivými žáky. Při propracovanějším plánování je možné zařadit i spolupráci mezi jednotlivými skupinami.

Při volbě této organizační metody se učitel musí rozhodnout, jak sestaví na svou výuku jednotlivé pracovní skupiny. Důležitým faktorem je v tomto případě vlastní záměr.

Skupiny mohou být buďto heterogenní (skupiny plní rozdílné úkoly) nebo homogenní (kde můžeme porovnávat stejné výsledky) a učitel je může vytvořit buďto nahodile, pomocí losování, dle cílů a povahy výuky nebo dle prospěchu jednotlivých žáků. Počet žáků v jednotlivých skupinách také ovlivňuje celkový průběh a závěr práce.

U malých skupin klesá počet žáků, kteří se k zadaným úkolům staví častěji pasivně a také je zde vyšší pravděpodobnost, že se zapojí i prospěchově slabší žáci a mohou tak přispět do celkového výsledku. Početně větší skupiny mají vyšší pravděpodobnost správných výsledků a dalších možností pro pozdější diskuzi, jelikož se zde může sejít více názorů.

Skupinové práce rozvíjí zejména samostatnost žáků, spolupráci, větší aktivitu, podávání svého názoru, a to i bez zábran, zvyšování sebevědomí, zlepšení komunikačních dovedností, volba vlastního tempa atd. Výstupy práce jednotlivých skupin musí být na konci vždy zhodnoceny. Pokud každá skupina dostane odlišný úkol, výsledky se zhodnocují jako celek (Janiš, 2019).

Kooperativní a párová výuka. Žáci jsou rozděleni do menších různorodých skupin, obvykle mezi třemi až pěti žáky. Pro tuto formu je zásadní, aby žáci mohli komunikovat tváří v tvář. Kooperace je základním vztahem mezi žáky ve skupině. Úspěch

jednotlivce souvisí s úspěchem dalších členů skupiny, je tedy nezbytné aktivní zapojení všech účastníků. Při tak úzké spolupráci žáci rozvíjí mimo jiné i své sociální dovednosti. Učitel také hodnotí, jak jednotliví žáci skupině přispívají. To vše je potom důležité v závěrečných fázích práce, kde by měla nastat reflexe, a to nejen toho, co se žáci naučili, ale právě i toho, jak fungovaly vztahy ve skupině. Při kooperativní výuce je potřeba výše uvedené principy dodržovat. Tím se tato organizační forma výuky liší od běžné skupinové výuky (Kasíková, 2017).

Pokud snížíme počet členů, dojdeme až k tzv. **párové formě** výuky, která má s kooperativní výukou mnoho společných znaků. Párová výuka, též označovaná jako párové vyučování, je způsob výuky, který spočívá ve vytvoření páru jednotlivých žáků. Toho můžeme snadno docílit spoluprací v rámci jedné žákovské lavice. Výuka tohoto typu zabraňuje pouhému mechanickému zapamatování tím, že podporuje porozumění. Podporuje také rozšiřování dovedností komunikace mezi žáky, což poté umožňuje vlastního učení ze strany spolužáka. Zvyšuje aktivitu žáků během výuky a procvičují se jí nově nabyté znalosti se slovní zásobou. Umožňuje i okamžitou zpětnou vazbu.

Odborná literatura zdůrazňuje, že žák skutečně ovládá učivo právě v okamžiku, kdy je schopen toto učivo intuitivně předat svému spolužáku, tedy mu problematiku vysvětlit, objasnit či ukázat různé způsoby řešení. Párová výuka však obnáší vyšší časové nároky na přípravu učitele a nutnost zapojení nejen samotného partnera dvojice, ale i celý pár jako celek.

Už z principu je tento typ výuky příhodný, jelikož mezi žáky v lavici existuje určitá vazba. Žáci zde pozorují vzájemně své způsoby učení i rozmýšlení nad zadanou prací. To v mnoha ohledech může přispět pro tvorbu vhodných podmínek pro následnou kooperaci. Prvky párové výuky mají nejčastější uplatnění při výuce cizích jazyků, dialogů a procvičování slovní zásoby. Taktéž lze, aby si žáci opravovali navzájem své testy a písemky. Toto však nejsou jediná využití a existuje mnoho dalších. Vyučující na závěr musí výsledky nějak zhodnotit. Rozhoduje se tak hlavně na základě, jakým způsobem párovou výuku využil. Jestli a jak bude hodnotit komunikaci mezi páry a například zda bude činnost hodnocena společnou známkou či jinak.

Týmová výuka. Výukový proces spočívá v procvičování, utváření či doplňování znalostí. Probíhá v mnohem menších skupinách. Je potřeba vyčlenit tým čtyř až šest žákům, tzv. odborníků. Tito odborníci prezentují svou práci, svá zjištění a své názory z různých perspektiv a pracují pouze s vybranou skupinou žáků. Žáci volně přecházejí

mezi definovanými stanovišti. Tím si volí vlastní tempo vzdělávání, což je nejsilnější stránka této formy výuky. Jako jakýsi základní tábor může sloužit třída a odkud se žáci dále přesunují ke konkrétním týmům. Typickým příkladem může být studium na vysoké škole. V žádném případě se však v našem školství nejedná o tradiční vzdělávací model (Janiš, 2019).

Individuální výuka. Pojetí tohoto stylu výuky reaguje na kritiku nedostatku hromadné výuky a snaží se předejít přehlížení individuálních a specifických odlišností žáků. Individuální výuka má však velmi nízkou účinnost, protože v konkrétní chvíli učitel pracuje pouze s jedním žákem, u kterého jsou respektovány jeho specifické a individuální zvláštnosti v kombinaci s jeho stylem učení. Výuka vypadá tak, že žáci pracují nezávisle, nespolupracují mezi sebou, a mají různý věk i jinou úroveň vědomostí. Obsah učiva se přizpůsobuje individuálně každému žákovi (Čadílek a Loveček, 2005).

Individuální formu výuky můžeme efektivně uplatnit především v rámci doučování a individuální práci s žáky zaostávajícími. Uplatnění nalezne také u žáků mimořádně nadaných či ve školách specifického zaměření (umělecké školy, autoškoly atd.)

Tato forma, ač má dost svých výhod není bohužel příliš ekonomicky výhodná, a proto není v praxi moc využívaná. Pro masivní rozšíření by se musel změnit celý koncept a financování českého školství (Janiš, 2019).

Diferencovaná výuka. Prostředek, který může významně zvýšit celkovou účinnost výuky, zejména v kontextu stále přetrvávající výuky hromadné. Diferencování výuky zahrnuje odlišný přístup k jednotlivým žákům či skupinám během výuky. Je tak třeba žáky roztřídit do různých skupin, kterými mohou být třídy nebo celé školy, s učenými cíli výuky a zaměřeními. Diferenciace je tak obvykle provázána také specifickým materiálně technickým zabezpečením.

Prvním krokem v diferenciaci výuky je rozčlenění žakovského kolektivu na jednotlivé žáky, obvykle na základě jejich prospěchu, pochopení učební látky, celkového zaměření zájmů a podobně. Následuje krok druhý, kde následně dojde ke spojení jednotlivých žáků do větších pracovních skupin. V praxi tak vidíme různé druhy tříd a případně i škol. Proto tak známe například školy sportovní a školy s rozšířenou výukou cizích jazyků.

Diferencovaná výuka může být implementována i prostřednictvím volitelných předmětů. Diferencovaný přístup k výuce je neefektivnější při skupinové práci, kdy jednotlivé skupiny plní úkoly odpovídající jejich schopnostem a náročnosti.

Rozlišujeme diferenciaci vnitřní, která zahrnuje rozdělení žáků do menších skupin na základě společných individuálních schopností a zájmů, s částečnou úpravou obsahu výuky. Vnější diferenciaci předpokládá práci s velkými skupinami žáků různých úrovní, které se transformují do samostatných tříd. Diferencovaná výuka může efektivně řešit nedostatky spojené s hromadnou výukou.

Proto si teď shrneme hlavní přednosti diferencované výuky, která umí dobře rozvrhnout obsah a zatížení mezi nadané, tak i prospěchově slabší žáky, což může přispět ke snížení obtíží a předejít propadání slabších žáků. S tím souvisí i přizpůsobení celkového tempa výuky schopnostem skupin žáků i jednotlivců. Při vhodném vedení výuky lze využívat rozumné a zdravé soutěživosti mezi žáky, aby nedocházelo ke zbytečnému neúspěchu.

Jako vše typy výuky má i tento svá negativa. Někteří rodiče často nesou s nelibostí zařazení svého dítěte do třídy prospěchově slabších žáků a považují to za formu diskriminace. Proto pak mohou své děti vystavovat vyšším cílům a nutí je přepínat své síly. Je třeba si dát pozor, aby při vzájemných interakcích žáků nevznikl pocit nadřazenosti. Taková situace by pak mohla zvýšit nebezpečí vzniku nežádoucího rizikového chování, zejména šikany. Diferencovaná forma výuky ještě není dostatečně připravena pro aplikaci do školní infrastruktury (Janiš, 2019).

Další formy výuky typu exkurze, výlet, vycházka apod. nejsou pro tuto diplomovou práci podstatné a lze si je dohledat v literaturách obecných a oborových didaktik.

Pro náš experiment nám z této teorie plynou dvě zásadní zjištění. Nejlepšími organizačními formami pro provedení na vyšší úrovni jsou vybrané formy kooperativní výuky, týmové výuky společně s kombinací prvků výuky diferencované.

2.3 Vyučovací hodina

Po ujasnění cílů vzdělávání, výukových metod a organizačních forem výuky pak vše aplikujeme do vyučovací hodiny. **Vyučovací hodina** základní jednotkou formy vzdělávání. Tato forma má úzkou souvislost s průběhem výukového procesu v rámci konkrétního předmětu. Zároveň se nepřímou vztahuje k ostatním vyučovaným předmětům prostřednictvím mezipředmětových vztahů. Vyučovací hodina je striktně omezena časově,

a na našich školách je běžná délka jedné vyučovací hodiny stanovena na 45 minut. Vyučovací hodiny jsou začleněny do rozvrhu hodin, který je vytvářen na základě tříd v jednotlivých ročnících a vytvořeného učebního plánu. Při sestavování rozvrhu je důležité brát v úvahu pedagogicko-hygienické požadavky. Například, druhá a třetí vyučovací hodina jsou považovány za nejcennější vzhledem k duševní aktivitě žáků. Proto se do těchto hodin často zařazují předměty, které vyžadují logické myšlení, jako jsou fyzika, matematika, geometrie, mechanika a podobně. Vhodným střídáním předmětů s různým zaměřením lze předejít předčasné únavě žáků.

Rozlišujeme různé typy vyučovacích hodin, například hodiny: přípravy, osvojování nových vědomostí, opakování a upevňování znalostí, vytváření a upevňování dovedností, použití dovedností a vědomostí v praxi, prověřování znalostí a dovedností nebo kombinované hodiny, které plní více didaktických funkcí.

Základní rozdělení struktury vyučovací hodiny je dvojího pojmenování. Dělíme ji na část strukturální a didaktickou.

- Strukturální, která obsahuje část: úvodní, základní a závěrečnou.
- Didaktická, která obsahuje část: přípravnou, expoziční, fixační, aplikační, kontrolní a hodnotící.

Struktura se skládá z etap, z nichž každá má své vlastní složky. Například pozdrav, kontrolu prezenze žáků, ověření a zadání domácích úkolů a dalších prvky. Volba konkrétní struktury vyučovací hodiny závisí na několika faktorech, včetně cílů a obsahu vyučované látky, zákonitostí výchovně vzdělávacího procesu, použitých vyučovacích metod a konkrétních podmínek ve třídě (Čadílek a Loveček, 2005).

Učitel by rozhodně neměl uvíznout ve stereotypním pojetí své práce a měl by svou výuku neustále doplňovat o nové, zajímavé a pestré výukové metody. Vyučovací hodina může být poté pro žáky dokonalým poznávacím zážitkem, který si zapamatují na celý život. Pokud učitel bude využívat převážně hodiny základního typu, nemůže se divit častější kritice, jelikož jejich nadměrné využívání vede ke stále se opakujícímu vzorci, který snižuje zájem žáků a přivádí učitele k předvídatelné a rutinní práci. V různých vyučovacích hodinách by tak měly být střídány různé aktivity, vyučovací metody a formy, aby se předešlo jednotvárnosti (Pecina, 2008).

Stavba klasické vyučovací hodiny vypadá následovně.

- **V přípravné části** jsou tvořeny organizační předpoklady pro interakci s žáky. Tato část plní všechny didaktické funkce a obsahuje všechny etapy vyučovacího procesu. Zahrnuje: pozdrav učitele s dětmi, zápis do třídní knihy s kontrolou prezenze, kontrolu úrovně žáků včetně ověření odevzdání a kontroly domácích úkolů, a nakonec motivaci pro nové učivo. V této části se vytváří podmínky pro přechod od probíraného učiva k učivu novému.
- **Expoziční část** se zaměřuje na seznámení žáků s vzdělávacím cílem a metodickým postupem, výklad nového učiva a závěrečné shrnutí aktuálně probraného učiva například formou stručného zápisu do sešitu.
- **Fixační část** je věnována upevňování nového učiva prostřednictvím opakování a procvičování, což probíhá bezprostředně po osvojení nového učiva.
- **Aplikační část** směřuje k upevňování dovedností, kdy se píše, že žák ovládá učivo až tehdy, když dokáže aplikovat získané poznatky do praxe.
- **Kontrolní část** vyhodnocuje kontrolními metodami, co se žák naučil a zahrnuje také zadání a vysvětlení domácího úkolu v teoretických i praktických předmětech, pro ověření pochopení.
- Závěrečná **Hodnotící část** vyučovací hodiny slouží ke zhodnocení průběhu, dosažených výsledků, práce žáků a dalších relevantních aspektů.

Specializovaný typ vyučovací hodiny se zaměřuje výhradně na jednu didaktickou část, která se stává klíčovou. Z hlediska obsahu se tyto hodiny dělí do následujících kategorií.

- Hodina výkladu, kde jsou nové informace předávány komentářem, vyprávěním, přednáškou, rozhovorem a pomocí těchto metod dochází k osvojování nových vědomostí.
- Heuristická hodina se nezaměřuje pouze na seznámení žáků s novým učivem a předávání informací, ale především na jejich objevování. Žák v této hodině pracuje s dokladovým materiálem, pozoruje ho, srovnává, hodnotí a dospívá k závěrům a samostatnému objevování nových poznatků. V našem navrhovaném experimentu přesně uplatňujeme tyto principy.
- Instruktažní hodina se koná ve školních dílnách, na školních pozemcích a v podobných pracovních prostorech a slouží k osvojování hlavně praktických dovedností žáků (Čadílek a Loveček, 2005).

Forma klasické i specializované výuky musí splňovat náležité didaktické zásady. Totéž platí i pro námi navrhovanou experimentální výuku. Didaktické zásady jsou obdobně jako výukové metody popsány různě napříč didaktikami školství. Nejznámějšími jmény, které se v této oblasti kategorizací didaktických zásad zabývají je v první řadě Z. Kalhous, jehož charakteristiky jsou v DP využity. Dále se jimi zabývají například autor Otto Obst či autorka Lucie Zormanová a další.

2.4 Didaktické zásady

Didaktickými zásadami pedagogického procesu chápeme obecné požadavky v rámci pedagogické činnosti vyučujícího. Zásadami, které jsou níže specifikovány se musí řídit i další aspekty, které jsou vyučovacího procesu přímo součástí. Zde patří výuka, výukové metody, didaktické prostředky, obsahová náplň vyučovací hodiny, znalostní aktivity žáků atd. Celkový soubor didaktických zásad je dynamický a mění se v průběhu času. Některé zásady ztrácejí platnost, zatímco jiné se objevují v souvislosti s aktuálním poznáním a potřebami v oblasti vzdělávání. Tyto zásady jsou vždy formulovány z perspektivy určité filozofické koncepce. Didaktické zásady jsou ovlivněny různými teoriemi vzdělávání. Vychází z prohlubujícího se poznání zákonitostí výuky. Respektování didaktických zásad je pro účinnost výuky klíčové (Zormanová, 2014). Klasifikace didaktických zásad dle Z. Kalhous (2002) je následující:

- **Zásada názornosti:** v zásadě názornosti je pro nás nejdůležitější vizuál společně s přímou představou. Proto ve výuce užíváme modely různého charakteru či zaměření. Snažíme se zapojit co největší množství vjemových smyslů. Tím dochází k příkladnému upevnění získaných poznatků. Bez toho, aniž by žáci zapojily co nejvíce svých smyslů nemůže dojít k účelnému zapamatování nových poznatků.
- **Zásada vědeckosti:** zásadou je průběžné sledování vývoje ve vědeckých oblastech. S pomocí vhodných výukových metod by měl učitel žákům předávat vědecké informace tak, aby je plně pochopili, a zároveň aby tyto informace nekolidovaly s existující vědeckou teorií. Žák by měl být schopen rozlišovat mezi kvalitními odbornými zdroji, které neobsahují pravdivé a relevantní informace. Dále by měl rozvíjet schopnost porozumět různým typům textů a pracovat s různými informačními a komunikačními médii.
- **Zásada uvědomělosti a aktivity:** klade důraz na důležitost zapojení žáka do vzdělávacího procesu prostřednictvím jeho aktivní a vědomé účasti. Žák chápe

kvalitu získaných informací a není jen pasivním příjemcem informací, ale pracuje aktivně a plně chápe smysl a důležitost svého vlastního učení. Žáci by měli být svým učitelem motivováni k aktivním praktickým cvičením, diskuzím a kreativnímu myšlení. Učitel by v tomto ohledu měl mít stanoveny jasné cíle a k nim dodávat žákům kvalitní zpětnou vazbu. Tato aktivní účast pomáhá posilovat porozumění a konstrukci vlastních znalostí.

- **Zásada individuálního přístupu k žákům:** každý žák je jedinečný s vlastními potřebami. Učitel by měl být schopen přizpůsobit svůj přístup každému žákovi, využívat jeho silné stránky k podpoře slabších. Důležité je rozpoznat, jakým způsobem se každý žák učí, a přizpůsobit svůj výukový styl.
- **Zásada komplexního rozvoje osobnosti žáka:** učitel by měl své výuce podporovat rozvoj všech klíčových složek osobnosti žáka. Tyto složky zahrnují poznávací, afektivní a psychomotorické oblasti z hlediska struktury osobnosti. Dále z pohledu struktury lidské inteligence máme sedm typů inteligence: jazyková, matematicko-logická, vizuální/prostorová, hudební, interpersonální, intrapersonální a tělesná/fyzická. V kontextu pedagogické jednoty výchovy se pak jedná o rozvoj rozumové, mravní, estetické, pracovní a tělesné dimenze. Centrálním prvkem učitelské práce je vždy komplexnost a celostní přístup k rozvoji žáka.
- **Zásada spojení teorie s praxí:** výuka by neměla směřovat pouze k teoretickým znalostem, ale také k praktickým dovednostem. Učitel by měl efektivně předávat vědecké informace, provádět žáky při hledání, zpracování a využívání informací. Cílem je rozvíjet myšlení žáků, vést je k porozumění, což je klíčové pro trvalé zapamatování a využití získaných znalostí.
- **Zásada přiměřenosti a soustavnosti:** žáci lépe chápou a zapamatují si logicky uspořádané informace. Nové poznatky by měly logicky navazovat na předchozí, vytvářet propojený systém. Učivo by mělo být organizováno podle didaktického systému odpovídajícího věkové zralosti žáků. Učitel by měl brát v úvahu předchozí znalosti žáků a integrovat je či rozvíjet v souladu s tímto systémem. Tato systematická struktura je klíčová pro úspěšné vzdělávání (Kalhous, 2002).

3. Didaktické prostředky

3.1 Charakteristika a členění

Posléze se v návrhu metodického materiálu dozvíme, že se experiment neobejde bez jistých nástrojů, přístrojů a dalších prostředků, které se taktéž musí ve školství určitým způsobem charakterizovat.

Učitel má k dispozici různé nástroje, které vylepšují zpřístupnění informací a též výchovně vzdělávací proces. Pro tyto nástroje se užívá pojem didaktické prostředky (Janiš, 2019). Samotný pojem „prostředek“ má široký význam, a v kontextu cíle se chápe jako něco, co slouží k dosažení jistého cíle. Pro veškeré materiální předměty používané ve vzdělávacím procesu užíváme pojem „didaktické prostředky“. Na evoluci didaktický prostředků má hlavní vliv rozvoj nové techniky s rozvojem kultury společnosti. Nemůžeme zapomenout ani na vývoj školního prostředí. Didaktické prostředky se stále více stávají významným modernizačním faktorem českého školství. V průběhu času se rozvinul bohatý repertoár různých druhů učebních pomůcek, které se snaží několik autorů přehledně zařadit do různých kategorií (Skalková, 2007).

Podle Maňáka (1995) jsou didaktické prostředky společně s organizačními formami a metodami užívanými ve výuce vzájemně propojeny a tvoří tak zásadní prvek v dosahování výchovně vzdělávacích cílů vyučovacího procesu.

V úplném základu nahlížíme na didaktické prostředky ze dvou různých perspektiv. V rozšířenějším pojetí se díváme konkrétně na předměty, jevy a situace, jednoduše na vše, co přispívá k dosažení cílů, které jsme si stanovili. Do této kategorie spadají veškeré prostředky jak materiální povahy, tak i prostředky, kterým říkáme nemateriální. Do druhého pojetí užšího smyslu vnímání didaktických prostředků spadají pouze předměty povahy materiální. V charakteristice materiálních didaktický předmětů nalezneme nástroje a pomůcky všeho druhu i souhrnné vybavení školy. V oblastech školních pomůcek, které využívají žáci i učitelé se bavíme o učebnicích, sešitech, zeměpisných atlasech, modelech různého charakteru, interaktivních a technický pomůckách, didaktických her a mnoho dalších. V oblastech školních učeben se bavíme o následující typech: klasické učebny počítačové učebny, tělocvičny, laboratoře, jazykové učebny, jiné odborné a specializované učebny, školní dílny apod. Tyto materiální didaktické prostředky mají za úkol zajistit nejen prostředky pro výuku, ale také podporovat a zlepšovat průběh vyučování (Janiš, 2019).

Představím zde přehledné dělení materiálních didaktický prostředků, které uvádí Z. Kalhous (2002), abychom si mohli částečně přestavit kategorie, do kterých by mohlo spadat vybavení užívané v našem navrhovaném experimentu.

Zaprvé jsou to **učební pomůcky**.

Originální objekty a skutečnosti, kterými jsou:

- přírodniny, které mohou být v původním stavu (rostliny, minerály) anebo upravené (vycpaniny, lihové preparáty)
- výtvořky a výrobky v původním stavu (výrobky, přístroje, umělecká díla)
- jevy a události z oblastí biologických, fyzikálních, chemických atd.

Zobrazení a znázornění objektů a skutečností:

- statické, funkční a stavebnicové modely
- přímo prezentovaná zobrazení, kterými jsou školní obrazy, mapy a fotografie, nebo zobrazení prezentována pomocí statické a dynamické didaktické techniky
- magnetické či optické zvukové záznamy

Textové pomůcky:

- učebnice, které jsou klasické nebo digitálně naprogramované
- pracovní materiály, kterými jsou pracovní sešity, sbírky úloh, tabulky, atlasy
- doplňková a pomocná literatura, jako časopisy a encyklopedie

Pořady a programy prezentované didaktickou technikou:

- pořady televizní, internetové a rozhlasové
- programy pro počítače, výukové systémy a vyučovací stroje

Speciální pomůcky:

- pomůcky pro tělesnou výchovu
- žákovské experimentální soustavy

Zadruhé máme rozdělení **výukových prostředků technických**.

Auditivní technika:

- sluchátkové soupravy a přehrávače CD, magnetofony, gramofony, školní rozhlas

Vizuální technika:

- zařízení diaprojekce, zpětné projekce, dynamické projekce

Audiovizuální technika:

- filmové projektory, pro projekci diafonu, magnetoskopy, videotechnika, videorekordéry, televizní technika, multimediální systémy

Technika řídicí a hodnotící:

- osobní počítače, výukové počítačové systémy, zpětnovazební systémy a trenažéry.

Třetím dělením je **technika organizační a reprografická.**

- počítače, počítačové sítě, fotolaboratoře, kopírovací a rozmnožovací stroje, rozhlasová studia, databázové systémy

Čtvrtá část rozděluje **prostory výukové včetně jejich vybavení.**

- učebny se standardním vybavením, tj. tabule klasická i magnetická, nástěnky, skříňky na knihy atd., učebny se zařízením pro reprodukci audiovizuálních pomůcek, počítačové učebny, odborné učebny, dílny, laboratoře, pozemky, tělocvičny, sály pro hudební a dramatickou výchovu

Pátá část zahrnuje jednotlivé **vybavení učitele a žáka.**

- psací potřeby, notebooky, kalkulátory, kreslicí a rýsovací potřeby, pracovní oděv (Kalhous, 2002).

Výčet materiálních didaktických prostředků z kategorie technických je velmi početný. Proto si je třeba říci hlavní funkce této rozsáhlé skupiny. Charakteristiky těchto funkcí najdeme taktéž v publikaci Z. Kalhouse (2002). Ten k tomuto účelu však využil poznatků J. Geschwindera (1994). Ten rozdělil tyto funkce na základní, didaktické, řídicí a ergonomické. Základní funkce jsou pro nás informační, formativní a instrumentální. U didaktických funkcí je nutnost splnit princip názornosti a umožnit rozsáhlejší vnímání informací. Kromě toho se jedná o funkce systematizační, motivující, racionalizační, stimulační, funkce upevňování nových informací, řídicí a kontrolní. Ergonomické a řídicí funkce regulují individuální tempo učení na základě žákových potřeb. Zároveň slouží tyto prostředky ke snižování neproduktivního času učitele a žáků, k plnému využití řízení výuky a objektivizaci zpětné vazby.

3.2 Vymezení potřebných didaktických prostředků pro navrhovaný experiment

Vymezení několika **zásadních** didaktických prostředků:

- **Počítač:** Toto elektronické zařízení je určeno pro zpracování dat, provádění operací a ukládání informací. Počítač potřebujeme k tvorbě digitálního 3D modelu, nastavení parametrů 3D tisku a následnou generaci G-kódu.
- **Úložné médium:** Je fyzický nosič sloužící k ukládání a přenosu dat s informacemi. Může jim být například pevný disk, USB flash disk, paměťová karta, CD nebo DVD. Úložné médium využijeme v případě nutnosti přenosu G-kódu z počítače do 3D tiskárny.
- **3D tiskárna:** Jedná se o zařízení, které vytváří třírozměrné objekty vrstvu po vrstvě podle digitálního modelu. 3D tiskárna je primárním prostředkem a smyslem v navrhovaném experimentu.
- **Model:** Je výtvar nebo výrobek. Modelem je vytištěný objekt požadovaných rozměrů. Tento vytištěný model bude podroben testu pevnosti.
- **Zkušební stroj:** Stroj, který má schopnost zkoušky/testu určitého druhu. Rovněž jako 3D tiskárna je nedílnou součástí navrhovaného experimentu. Zkušebním strojem v našem případě může být jak certifikované zařízení, tak improvizálně vyrobený jiný způsob testování.
- **Upínací svorky:** Nástroj nebo zařízení sloužící k upevnění nebo přidržení objektu, často používaný v dílnách nebo při výrobě. Tyto svorky nám pomohou upevnit testovaný vzorek potřebným způsobem pro uskutečnění testu.
- **Ochranné pomůcky:** Různé prostředky, které chrání člověka nebo objekt před nebezpečím, například helma, rukavice nebo bezpečnostní brýle. Tyto prostředky jsou nezbytné pro ochranu učitele i žactva během experimentu.

Další doporučené pomůcky:

- **Zobrazovací technika:** Technika zobrazující obraz nebo data. Patří sem monitory, displeje nebo projekory. Tyto pomůcky využije v případě doplnění výkladu navrhovaného experimentu (fotografie, obrázky schémata).
- **Výtvarné potřeby:** Materiály a nástroje používané při výtvarné činnosti. Z těchto pomůcek můžeme využít nůžky, lepidlo a další pro pomoc při 3D tisku a práci s modelem.

- Zařízení pro dosažení požadovaných teplot: V případě, že se rozhodnete pro změnu teploty testovacího vzorku, budete potřebovat například horkovzdušnou pistoli, teplotní komoru a mrazící zařízení. Tyto pomůcky rozhodně nebývají standardem školního prostředí.

4. Experimentování ve školství a rozvoj klíčových kompetencí

4.1 Experimentální výukové metody

Průcha (2009) popisuje termín experiment ve školním vyučování následovně. Pojem charakterizuje jako aktivitu, během které žáci obvykle pod vedením učitele provádějí pozorování konkrétního jevu, zaznamenávají jeho průběh a hodnotí dosažené výsledky. Můj navrhovaný experiment zahrnuje nejen pasivní pozorování, protože žáci se přímo podílejí na tvorbě testovacího modelu. Pro pochopení pojmu nám však tato definice dostačuje, a proto nyní vymezíme experimentální výukovou metodu.

Tato metoda je vyučovacím procesem, který klade důraz na praktické, interaktivní a experimentální prvky ve výuce. Tato metoda se od tradičního předávání informací prostřednictvím učebnic a výkladu odlišuje také tím, že rovněž klade důraz na aktivní účast žáků/studentů a vlastní objevování. Během samotného experimentu jsou žáci aktivní v činnostech pozorování a sběru dat. Úkolem učitele je klást návodné otázky a upozorňovat na zajímavé výsledky. Dobře navržený experiment se zaměřuje na otázky, které mohou žáci uplatnit v dalším vzdělávání i běžné životě (Classroom Experiments, 2023).

Dostál (2013) po prostudování patřičných literatur stanovil hlavní zásady pro možnou realizaci experimentu ve výuce. Uvedu zde ty nejpodstatnější.

- Experiment nesmí být uskutečněn ve výuce, pokud nebyl předem důkladně testován a nebyla identifikována všechna možná rizika.
- Žáci musí být před manipulací informováni o pravidlech bezpečnosti
- Při provádění experimentu nesmí učitel ohrozit sebe ani žáky.
- Experiment musí odpovídat znalostem a experimentálním schopnostem žáků.
- Experiment musí být relevantní k obsahu vzdělávání.
- Učitel musí být schopen experiment provádět a současně ho didakticky vysvětlit.

Při navrhování experimentu jsem se snažil zaměřit na to, aby pokrýval veškeré stanovené didaktické zásady. Mým názorem je, že se tak z části povedlo i když je nejvíce zaměřen na zásady spojení teorie s praxí, názornosti a vědeckosti. Evaluace metodické příručky, která je součástí DP by mi mohla v budoucnu pomoci vše doladit a zaměřit se na ty zásady, které nebyli plně pokryty. V našem navrhovaném experimentu dále uplatňuji výběr a kombinaci výukových metod od autorů J. Maňáka a V. Švece i Z. Kalhouse.

4.2 Rozvíjené klíčové kompetence

Přesné vymezení klíčových kompetencí nalezneme v kurikulárním dokumentu, konkrétně v rámcovém vzdělávacím programu (RVP). Pro účely naší práce je důležité uvědomit si, co vlastně klíčové kompetence jsou. Základní definice říká, že klíčovými kompetencemi rozumíme souhrn znalostí, dovedností, hodnot a postojů. Osvojené prvky těchto kompetencí jsou poté uplatňovány na specifické zaměření žáka přímo ve škole, jeho zájmech a osobní život, a také budoucích profesních cílech a kariéře. Rámcový vzdělávací program základního vzdělání (RVP ZV) předpokládá, že žáci dosáhnou na konci své povinné školní docházky ve věcech klíčových kompetencí jisté úrovně. Škola by v tomto ohledu měla být žákovi co nejvíce nápomocná hlavně s rozvojem těchto kompetencí. Společně se školou by o tento ideální stav měli usilovat i učitelé. Ti by měli zároveň respektovat individuální rozdíly mezi žáky, včetně jejich osobních predispozic a psychologických vlivů. Při hodnocení dosažených kompetencí je tak třeba, aby učitelé posuzovali pokrok v úrovni s ohledem na typ osobnosti žáka a jeho osobních možností.

V RVP je rozdílnost klíčových kompetencí upravena na základě předškolního, základního i gymnaziálního vzdělávání. Kompetence se navzájem propojují a dochází k postupnému vývoji směrem k úrovni vyspělosti žáků na jednotlivých stupních vzdělávání. V RVP ZV, které je pro tuto práci nejpodstatnější identifikujeme následující klíčové kompetence.

1. Kompetence k učení
2. Kompetence komunikativní
3. Kompetence k řešení problémů
4. Kompetence sociální a personální
5. Kompetence občanské
6. Kompetence pracovní

Kompetence pracovní je specificky začleněna do základního vzdělávání s ohledem na fakt, že mnoho žáků pokračuje na střední odborné školy a odborná učiliště. V základním vzdělávání zahrnuje rozvoj pracovních návyků a manuálních dovedností, které jsou pro žáky důležité v jejich budoucím životě (Hučinová, 2023).

Výhody experimentu v souvislosti s jednotlivými klíčovými kompetencemi definovala velmi dobře Jana Klimková (2007) ve své diplomové práci. S dovolením tedy využiji tohoto zjištění, jelikož jde taktéž ideálně aplikovat i na náš navrhovaný experiment.

- **V kompetenci k učení** je zahrnuta schopnost žáka samostatně pozorovat a experimentovat, porovnávat získané výsledky, posuzovat je a odvozovat závěry pro další využití. Je tak hned zjevné, že pro rozvoj této kompetence je experiment velice vhodným.
- **V kompetenci k řešení problémů** se při realizaci experimentu žák naučí různé metody řešení problémů, prakticky ověří své znalosti o daném jevu a rozvíjí schopnost hledat optimální cesty k řešení problémů. K rozvoji této kompetence jsou vhodné převážně experimenty s překvapivými a paradoxními prvky.
- **V kompetenci komunikativní** se žáci při experimentu naučí následovat přesné pokyny učitele nebo ty, které jsou obsaženy v pracovním listu, pokud si jej učitel připraví. Při skupinových prezentacích výsledků a závěrečné diskuzi po experimentu se žáci učí efektivně a jasně vyjadřovat před ostatními, naslouchat svým spolužákům a klást vhodné otázky.
- **V kompetenci sociální a personální** se žáci ve skupinovém prostředí během experimentu učí spolupracovat s ostatními, zkoušejí si různé role při plnění úkolů ve skupině, rozvíjí vzájemnou toleranci, přebírají odpovědnost za svou práci a zdokonalují schopnost obhajovat své výsledky. Stejně tak se učí ocenit a zhodnotit práci druhých.
- **V kompetenci občanské** jsou souvislosti úzce propojeny s kompetencí sociální a personální. Z výsledků navrhovaného experimentu žáci lépe porozumí okolnímu světu sopečně s modernizací prostředí, ve kterém žijí. Vědomě si uvědomují, že cokoliv, co lidstvo udělá a vynalezne, včetně zásahu do přírody má dopad a následky. Reflektují tak hodnoty, které jsou pro ně důležité.
- **V kompetenci pracovní** se žáci během experimentu učí pracovat s různými pro ně již známými i novými materiály a pomůckami. Učí se dodržovat zásady bezpečnosti a hygieny a postupovat podle pokynů vyučujícího i v pracovních listech. Aplikují do praktického využití naučené školní teorie.

Navrhovaný experiment efektivně naplňuje požadavky pro rozvoj klíčových kompetencí žáků a je tak vhodným prostředkem pro zařazení do vyučovacího procesu.

4.3 Vymezení v kurikulu a současných trendech vzdělávání

V kontextu Rámcového vzdělávacího programu základního vzdělávání se navrhovaným experimentem dotýkáme dvou vzdělávacích oblastí, které částečně propojujeme. Jsou jimi informatika a člověk a svět práce.

Informatika je vzdělávací oblast, která se zaměřuje na rozvoj informačních a komunikačních dovedností žáků. Experimentem v navrhovaném metodickém materiálu se žáci v kontextu této vzdělávací oblasti například naučí podněcovat tvůrčí myšlení a schopnost řešit problémy pomocí počítačových nástrojů. V práci s počítačovým softwarem rozvíjet dovednosti v 3D modelování. A v rámci digitální gramotnosti porozumí základním pojmům digitálních technologií a další.

Cílem vzdělávací oblasti "Člověk a svět práce" je příprava žáků na úspěšné začlenění do pracovního života, a to jak z hlediska praktických dovedností, tak z hlediska rozvoje pochopení lidské činnosti a výrobních technologií. Experiment v této oblasti podporuje znalosti a práci s moderními výrobními technologiemi. Dovednosti nezbytné pro práci v týmu, komunikaci v pracovním prostředí, plánování a organizaci práce. A aktivity, které umožňují žákům zažít různé aspekty reálného pracovního života apod.

V případě nedostatečné vybavenosti školy budou mít žáci možnost navštívit jiná pracovní prostředí s odborníky a praktickými zkušenostmi přímo ze zaměstnání (RVP ZV, 2023).

Při návrhu experimentu, z kterého vychází navrhovaný metodický materiál pro učitele se mi hlavou mihla myšlenka jiných konceptů vzdělávání. Napadla mě otázka, kam bych experiment mohl zařadit. Odpovědí mi byl vzdělávací koncept STEM. Tento koncept není klasickým způsobem vzdělávání a orientuje se především na řešení výzev reálného světa. Zkratkovité pojmenování STEM označuje čtyři vzdělávací oblasti. Vědu (Science), Technologii (Technology), Inženýrství (Engineering) a Matematiku (Mathematics). Koncept se zaměřuje na integraci těchto disciplín a klade důraz na kreativní a kritické myšlení. Podporuje aktivní a praktické učení, spolupráci a rozvoj dovedností, které jsou důležité pro moderní pracovní trh. Tento přístup má také za cíl podnítit zájem studentů o přírodní vědy, technologii, inženýrství a matematiku a připravit je na budoucí kariéru v těchto oblastech. V USA je tento koncept aplikován i do klasické výuky, kdežto v České republice jej vidíme hlavně ve spojení se zájmovými kroužky technického zaměření. S rozvojem českého školství by však koncept STEM mohl být v budoucnu implementován

v různých vzdělávacích prostředích, včetně základních a středních škol, univerzit a vzdělávacích programů (CO JE STEM, 2018).

Klíčové prvky konceptu STEM zahrnují: Výzkum, experimenty a zkoumání přírodních jevů. Základní porozumění vědeckým metodám a postupům. Práce s moderními technologiemi a nástroji. Řešení problémů s využitím informačních technologií. Návrh, vytváření a optimalizace systémů, produktů a procesů. Inženýrský přístup k řešení reálných problémů. Aplikace matematických principů při řešení praktických problémů. Vývoj matematického myšlení a logického uvažování (STEM je základ technické výuky, 2021).

Možné zařazení do tohoto konceptu je jen mou osobní představou a nezakládá se tak na přesně daná vymezení, pokyny a podmínky tohoto pojetí vzdělávání.

PRAKTICKÁ ČÁST

Tato prostřední část práce obsahuje čtyři kapitoly. První se věnuje úvodu k medickému materiálu, kde se dozvíme hlavně o co se jedná a také hlavní účel. Poté následuje hlavní cíl této kapitoly a jeden z hlavních cílů diplomové práce, kterým je kompletní návrh metodického materiálu po učitele ZV. Následuje ukázka fotografií z roku 2021. Na konci praktické části nalezneme další důležité doplňující informace. V rámci hlavního cíle praktické části upozorňuji na fakt, že tvorba didaktického materiálu vychází a tím i navazuje na vlastní bakalářskou práci (Švarc, 2021), ve které jsem experiment realizoval v laboratorních podmínkách a zjištěné poznatky zúročil při návrhu metodického materiálu.

5. Úvod k metodickému materiálu

Navržený metodický materiál je stručným popisem mé představy a realizace experimentu. Není, proto tedy popsán do úplných detailů a je spíše obecným poznatkem, ze kterého máte možnost čerpat cokoli co je pro vás podstatné.

Metodický materiál má pět důležitých bloků, které jsou dále rozklíčovány a detailněji popsány. V úvodní části, která je již přímou součástí materiálu naleznete samotný začátek, kde se dozvíte, co je vlastně samotnou podstatou experimentu. O co v něm půjde a co je na realizaci potřeba. Proto se hned můžete rozhodnout, zda je pro vás experiment správnou volbou a zda se do toho pustíte.

Další dvě části nazvány „Co by měl vědět učitel a Co je potřeba k realizaci“, jsou především teoretickými poznatky, pokud o vybraných technologiích nemáte příliš mnoho informací. Rovněž se zde dozvíte proč má technologie 3D tisku ve vzdělání své místo. Nebudete tedy ochuzeni o samotnou teorii k 3D tisku, tiskárnám, materiálům, potřebného počítačového softwaru, a nakonec je popsán i princip tahové zkoušky. Nejsou zde opomenuty typy použitých pomůcek a zařízení.

Další část vás obohatí o samotnou vizi průběhu experimentu, tedy postup, co a jak udělat, abyste experiment uskutečnili od začátku až do konce.

V poslední části nazvané „Na co si dát pozor“ zjistíte veškerá pravidla bezpečnosti, což je ve vzdělávacím procesu opravdu nezbytné a je třeba na tuto část klást nejvyšší důraz.

6. Kompletní metodický materiál

METODICKÝ MATERIÁL

Jak zrealizovat experiment s 3D tiskem

a

otestovat vlastnosti jeho materiálů.



Obrázek 1 - Ilustrační obrázek k metodickému materiálu (DALL-E 3, 2023).

CO ZDE NALEZNU

Materiál je rozdělen na 5 stěžejních celků, kde nalezneme veškeré podrobné informace.

Úvod.

Co by měl vědět učitel.

Co je potřeba k realizaci.

Postup experimentu.

Na co si dát pozor.

ÚVOD

Úvodní slovo

V tomto metodickém materiálu se dozvíte, jak provést zajímavý experiment s 3D tiskem na druhém stupni základní školy a obecné poznatky k této výrobní technologii, pokud ji dobře neznáte.

Budeme se postupně a podrobně zabývat každým krokem, abychom mohli úspěšně daný experiment s 3D tiskárnou provést. Mít však s těmito technologiemi již nějakou zkušenost je velice vítané.

Experiment bude spočívat v 3D tisku jednoduchých testovacích vzorků jimiž budou kvádrové tyčinky z tiskového materiálu PLA. Tyto testovací tyčinky budou následně podrobeny zatěžkávací zkoušce pevnosti tahem v tahovém zkušebním přístroji.

Kvůli komplexnější časové náročnosti bych doporučil experiment realizovat v rámci projektu či akcí podobného charakteru, případně zařadit například do zájmových kroužků technického charakteru.

Zásadní bariérou experimentu pro vás může být vybavenost školy. Většinou totiž nedisponujete 3D tiskárnami, technickým zázemím nebo zkušebními stroji pro zkoušky mechanických vlastností. Proto je důležité zvážit vaše možnosti a zda daný experiment máte možnost zrealizovat například ve spolupráce se střední či vysokou školou, případně jinými institucemi nebo firmami.

CO BY MĚL VĚDĚT UČITEL

Proč zařadit 3D tisk do školství?

Do školy doporučuji 3D tisk zařadit, z důvodu mnoha výhod pro vzdělání i tvůrčí projekty, jelikož umožňuje:

- Učení se – 3D tisk nabízí příležitost učit se o designu, geometrii, matematice a inženýrství skrze praktickou činnost.
- Problémové řešení – můžete vytvářet náhradní díly pro různé věci, což vám pomůže řešit běžné problémy.
- Kreativitu – můžete vytvořit své vlastní unikátní objekty a experimentovat s tvorbou.
- Inovaci – 3D tisk je součástí moderního průmyslu a technologického pokroku a bude jistě nedílnou součástí budoucího života.

Co je 3D tisk a základní kroky tisku

3D tisk je technologií, která umožňuje vytvářet trojrozměrné objekty z digitálních modelů, které si je možno připravit i v pohodí domova. Místo tradičního způsobu obrábění materiálu odstraňováním, pracuje 3D tisk na principu postupného nanášení materiálu vrstvu po vrstvě, což umožňuje vytvořit prakticky jakýkoli tvar. Tímto způsobem můžeme vytvářet například figurky, náhradní díly nebo dokonce prototypy různých produktů. Tisk na 3D tiskárně zahrnuje několik základních kroků:

1. Výběr modelu: Začne se tím, že se vybere 3D model, který chceme vytisknout. Můžeme si ho vytvořit sami, což uděláme v našem experimentu nebo stáhnout další modely z internetu.
2. Příprava modelu: Vytvoříme svůj model v 3D grafickém softwaru. Pokud má stažený model nějaké nedostatky, může být taktéž upraven v tomto softwaru.
3. Nastavení sliceru: Slicer je program, který rozdělí 3D model na vrstvy a připraví ho k tisku. Zde se nastavují různé parametry, jako je rychlost tisku a hustota plnění.
4. Připojení k tiskárně: Po přípravě modelu je třeba připojit 3D tiskárnu k počítači pomocí USB nebo jiného komunikačního rozhraní.
5. Spuštění tisku: Pomocí tiskového softwaru spustíme tisk. Tiskárna postupně nanáší materiál na stůl a vytváří objekt vrstvu po vrstvě.
6. Dokončení: Po dokončení tisku je třeba opatrně odebrat hotový objekt a pokud je to nutné provést na něm finální úpravy.

Popis různých typů 3D tiskáren

Existuje několik různých typů 3D tiskáren, z nichž každý má své vlastní výhody a nevýhody. Nejběžnějšími typy 3D tiskáren jsou:

- Tiskárny typu Fused Deposition Modeling (FDM):
Tento typ tiskárny je vhodný pro začátečníky a školy. Používá termoplastický materiál, který se postupně nanáší na stůl tiskárny. FDM tiskárny jsou cenově dostupné a snadno ovladatelné.
- Tiskárny typu Stereolithography (SLA):
SLA tiskárny pracují s fotopolymerem a laserem. Jsou schopny produkovat velmi detailní a přesné tisky, ale mohou být dražší a vyžadovat více údržby.
- Tiskárny typu Selective Laser Sintering (SLS):
Tiskárna s touto technologií používá laser ke svařování prachového materiálu do požadovaného tvaru. SLS tiskárny jsou vhodné pro pokročilé projekty, ale jsou obvykle drahé.
- Multi-Material Tiskárny:
Tyto tiskárny umožňují tisknout s více druhy materiálů najednou, což je užitečné pro vytváření barevných nebo vícesložkových objektů.

Popis různých druhů tiskových materiálů

Volba správného tiskového materiálu je klíčovým faktorem pro úspěšný 3D tisk. Existuje několik různých druhů materiálů, které můžete použít, a každý z nich má své vlastnosti, výhody a nevýhody. Zde jsou některé z nejběžnějších tiskových materiálů:

- PLA (Polylactic Acid): PLA je jedním z nejběžnějších a nejpopulárnějších materiálů pro 3D tisk. Je biologicky odbouratelný, bezpečný pro domácí použití a snadno tisknutelný. Má nízkou tepelnou deformaci, což znamená, že se během tisku minimálně kroučí. PLA je skvělou volbou pro začátečníky a pro tisk modelů, které nevyžadují extrémní pevnost nebo odolnost.
- ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene): ABS je další běžný materiál, který je známý pro svou pevnost a odolnost. Je vhodný pro modely, které budou vystaveny vysokým teplotám nebo mechanickému stresu. Nicméně, ABS vyžaduje tisk na vyšší teploty a dobré větrání, protože může při tisku vydávat zápach a emise.
- PETG (Polyethylene Terephthalate Glycol-Modified): PETG je materiál, který kombinuje výhody PLA a ABS. Je poměrně snadný na tisk a má vysokou pevnost

i odolnost. PETG je odolný vůči vlhkosti a je vhodný pro venkovní použití nebo pro modely, které budou vystaveny vodě.

- TPU (Thermoplastic Polyurethane): TPU je elastický materiál, který je vhodný pro tisk flexibilních modelů, jako jsou pryžové díly nebo boty. TPU má vysokou odolnost proti nárazu a je flexibilní, což ho činí ideální volbou pro modely, které vyžadují pružnost.
- PLA+ (Enhanced PLA): PLA+ je varianta PLA s vylepšenými vlastnostmi, jako je vyšší pevnost a odolnost. Je to dobrá volba pro ty, kteří chtějí něco mezi PLA a ABS.
- Další materiály: Existuje mnoho dalších tiskových materiálů, včetně dřevotisku (tisk s dřevěnými vlákny), kovových filamentů (které obsahují skutečné kovové částice), a mnoho dalších specializovaných materiálů pro specifické aplikace.

Software pro tvorbu jednoduchého modelu

Modely k tisku se dají stáhnout na internetu nebo vytvořit vlastní. Existuje mnoho internetových stránek, kde můžete nalézt a stáhnout 3D modely zdarma nebo za poplatek. Některé populární zdroje zahrnují Thingiverse, MyMiniFactory, a Sketchfab. Stačí zadat klíčová slova spojená s tím, co chcete tisknout, a prohlédnout si dostupné modely. Při stahování 3D modelů z internetu však vždy zkontrolujte licenci a dodržujte autorská práva. Některé modely totiž mohou být určeny pouze pro osobní použití.

- Přímou pak pro tvorbu a úpravu 3D modelů, můžete využít bezplatných softwarů jako MeshLab nebo Tinkercad. V těchto nástrojích je možné i stažený model upravit, pokud je příliš velký, složitý nebo obsahuje chyby. To zahrnuje změny v rozměrech, odstranění nepotřebných částí nebo opravu geometrických vad. Vytvoření vlastního modelu se odehrává pomocí dostupných nástrojů v dané aplikaci. Například v Tinkercad postupně skládáme model z předpřipravených geometrických tvarů, kterým zadáváme rozměry, posunujeme je a slučujeme dle potřeby.
- Ať už model stáhneme či vytvoříme musíme po provedení všech úprav model uložit ve formátu STL nebo jiném kompatibilním s vaším slicer softwarem.

Co je Slicing software a k čemu slouží

Slicer software je klíčovým prvkem při přípravě 3D modelů pro tisk na 3D tiskárně. Jeho hlavní funkcí je rozdělit váš 3D model na jednotlivé vrstvy, které budou postupně tisknuty. Zde je několik důležitých bodů o slicer softwaru:

- **Výběr sliceru:** Existuje mnoho různých slicer software na trhu. Některé jsou zdarma, jiné placené, a každý má své specifické funkce. Mezi oblíbené slicery patří Cura, PrusaSlicer, Slic3r, a Simplify3D.
- **Import modelu:** Slicer software vám umožní importovat váš 3D model ve formátu STL nebo jiných podporovaných formátech.
- **Nastavení tisku:** V sliceru můžete nastavit různé parametry tisku, jako je rychlost tisku, vrstvá tloušťka, hustota plnění (infill density), a teplota trysky.
- **Podpůrné struktury:** Slicer umožňuje generovat podpůrné struktury pro složité části modelu, aby byly tisknuty správně.
- **Výběr materiálu:** Slicer vám umožní vybrat správné nastavení pro konkrétní materiál, který budete používat pro tisk.
- **Náhled tisku:** Slicer zobrazí náhled toho, jak bude váš model tisknut vrstvu po vrstvě, což vám pomůže předvídat výsledný tisk.
- **Generování tiskového kódu:** Po nastavení všech parametrů slicer vygeneruje G-kód, což je soubor, který tiskárna použije k tisku modelu.

Instalace sliceru:

- **Stáhnutí sliceru:** Navštivte oficiální webové stránky vybraného sliceru a stáhněte si nejnovější verzi pro váš operační systém (např. Windows, macOS nebo Linux).
- **Instalace sliceru:** Po stažení souboru s instalací spusťte instalátor a postupujte podle pokynů na obrazovce. Obvykle je instalace sliceru snadná a trvá jen několik minut.
- **Nastavení sliceru:** Po instalaci otevřete slicer a proveďte základní nastavení pro vaši 3D tiskárnu. To zahrnuje volbu modelu tiskárny, velikosti tiskového prostoru a dalších parametrů.

Slicer software je klíčovým krokem v přípravě modelů pro tisk a ovlivňuje výslednou kvalitu tisku. Doporučuje se provádět testovací tisky a upravovat nastavení podle potřeby, abyste dosáhli nejlepších výsledků.

Tahová zkouška

Zkouška pevnosti tahem je skvělý způsob, jak přiblížit žákům základních škol koncept pevnosti materiálů. Tento experimentální přístup k výuce umožňuje žákům aktivně se zapojit do procesu učení a lépe porozumět fyzikálním a inženýrským principům, které ovlivňují každý den naše životy. Zároveň je to skvělý způsob, jak rozvíjet dovednosti kritického myšlení a zaznamenávání dat. Tato zkouška není jen o tahání různými materiály, ale také o zkoumání důležitých konceptů, jako je síla, pevnost, elasticita a materiálová vlastnost. Můžete tím také žákům podnítit zájem o další studium fyziky, inženýrství a materiálových věd. Základním cílem je, aby žáci nejen prováděli experiment, ale také si jejich výsledky interpretovali, diskutovali o nich a soustředili se na jejich význam v reálném světě. Důležité je, abyste dbali na bezpečnost žáků během celého experimentu. Vždy zdůrazňujte nutnost dodržování bezpečnostních pravidel a vyžadujte, aby žáci používali ochranné brýle a rukavice tam, kde je to vhodné.

CO JE POTŘEBA K REALIZACI

Jakou tiskárnu používat ve školách a při našem experimentu?

Ve školách jsou nejčastěji využívány FDM tiskárny, protože jsou relativně cenově dostupné, spolehlivé a snadno ovladatelné. Jsou ideální pro vstup do světa 3D tisku a výuku základních principů. Proto také pro náš experiment využijeme přesně tohoto typu 3D tiskárny. Nejdůležitější je však zvolit tiskárnu, která je bezpečná a vhodná pro věk žáků i vyučujících, kteří ji budou používat. Pro náš experiment můžeme využít tiskárnu libovolného výrobce. Dostačujícími tiskárnami mohou být například Prusa MK4 nebo tiskárny podobného typu.

Jaký materiál zvolit pro experiment?

Pro experiment byl vybrán materiál PLA, pro jeho tiskové vlastnosti, požadovanou pevnost, estetiku, bezpečnost a náročnost na tisk. Z materiálu PLA tedy žáci zhotoví všechny testovací tyčinky. Jak budete získávat zkušenosti, můžete experimentovat s různými materiály a objevovat jejich jedinečné vlastnosti. Volba značky filamentu závisí na vašich možnostech. Opět mohu doporučit filamenty výrobců například C-TECH, Gearlab či AUARAPOL apod.

Jaký slicer v našem experimentu použít?

Pro náš experiment je důležité zvolit slicer software, který je kompatibilní s vaší 3D tiskárnou a odpovídá vašim potřebám. Můžete samozřejmě zvážit i jiné možnosti a porovnat jejich funkce a uživatelskou přívětivost. Je však důležité abyste s vybraným softwarem uměli. Mohu například doporučit využití PrusaSliceru s Prusa 3D tiskárnou pro jeho možnosti a jednoduché uživatelské rozhraní.

Jakou metodu tahové zkoušky použít?

Pro provádění zkoušky pevnosti tahem budete potřebovat spolehlivý způsob měření tahového úsilí. Pro experiment byl tak zvolen trhací stroj pro tahovou zkoušku pevnosti materiálu, který dokonale poslouží účelu. Materiál budeme do tohoto stroje upínat a necháme natahovat tak dlouho, dokud nedojde k prasknutí a vyhodnotí se výsledky zátěžové síly. Lze použít i metodu bez trhacího stroje, a to pevné uchycení materiálu v jedné části a postupné přidávání závaží na část druhou. To by však vyžadovalo jisté svěrky na druhý konec testovacího vzorku, abychom vůbec mohli nějakým způsobem závaží přidávat. Varianta s trhacím strojem je jednodušší a pro žáky i více zajímavější, protože mohou vidět profesionálnější testování materiálů.

POSTUP EXPERIMENTU

Jak vytvořit 3D modely pro náš experiment?

Pro tvorbu modelů klidně využijte především vaše školní 3D grafické programy, se kterými máte zkušenosti, což může být Blender či Fusion 360. Nejjednodušší však pro vás může být volba aplikace Tinkercad. Tato webová aplikace od společnosti Autodesk je totiž zdarma a vyžaduje pouze registraci. Modely se v této webové aplikaci vytvářejí systémem drag and drop, což znamená přetáhní a pusť. Pro experiment byl navržen objekt o celkové délce 150 mm se čtvercovým průřezem s délkou hrany 5 mm. Žáci budou pracovat samostatně, a to tímto způsobem:

- V pracovním prostoru aplikace umístí krychli, které nastaví požadované rozměry.
- Úkolem každého žáka je vytvořit model na experiment a uložit jej.

Tento úkol pro žáky bude velice jednoduchý, jelikož se opravdu jedná jen o jeden objekt, kterému se nastaví rozměry a model uloží. Proto je budoucí využití aplikace jasné. Můžete například využít zbytku času k tomu, že žák bude v aplikaci zkoušet její možnosti a tvorbu složitějších modelů.

Import 3D modelu do sliceru

Importování 3D modelu do sliceru je klíčovým krokem při přípravě modelu pro tisk. Zde je krok za krokem, jak to udělat:

- Otevření sliceru: Spusťte slicer software, který máte nainstalován.
- Nový projekt nebo načtení modelu: Většina slicerů vám umožní buď vytvořit nový projekt nebo načíst existující model. Pro import modelu klikněte na "Otevřít" nebo "Načíst model".
- Výběr souboru: Procházejte váš počítač a najděte soubor s vaším 3D modelem ve formátu STL nebo jiném podporovaném formátu.
- Otevření modelu: Po vybrání souboru klikněte na tlačítko "Otevřít" nebo "Načíst" a slicer importuje váš model do pracovního prostoru.
- Umístění modelu: Po importu se váš model objeví ve sliceru. Zde ho můžete přesunout, otáčet nebo změnit jeho velikost tak, aby odpovídala vašim potřebám. Některé slicery vám umožní jednoduše přetáhnout model do středu tiskového stolu.

Co je pro nás zde nejvíce důležité, tak možnost importovaný model duplikovat a umístit jen na podložku několikrát, abychom vytiskli více testovacích tyčinek najednou.

Základní nastavení pro tisk

Po úspěšném importu modelu do sliceru je třeba provést některá základní nastavení pro tisk:

- Výběr tiskárny: Vyberte správný model vaší 3D tiskárny nebo přidejte novou tiskárnu, pokud ještě není v seznamu dostupných modelů.
- Velikost tiskového stolu: Nastavte rozměry tiskového stolu, aby odpovídaly vaší 3D tiskárně. To zajistí, že model bude tisknout na dostatečně velkém prostoru.
- Materiál: Vyberte typ materiálu, který budete pro tisk používat. Každý materiál může vyžadovat jiné nastavení, jako je teplota trysky a stolu.
- Nastavení vrstevové tloušťky: Zvolte, jak tlusté vrstvy budou tisknuty. Nižší tloušťka znamená vyšší kvalitu tisku, ale také delší dobu tisku.

- Hustota plnění (infill): Určete, jak hustě má být model vyplněn. Běžně se používají hodnoty mezi 15 % a 30 %.
- Rychlost tisku: Nastavte rychlost, kterou bude tiskárna pohybovat tryskou během tisku. Vyšší rychlost může zkrátit dobu tisku, ale může ovlivnit kvalitu.
- Další pokročilá nastavení: Mnoho slicerů umožňuje pokročilá nastavení, jako je teplota pro první vrstvu, rychlost chlazení a další. Tyto hodnoty lze upravit podle potřeby. Pro náš experiment nejsou tak důležité.
- Náhled tisku: Po provedení základního nastavení můžete použít náhled tisku k zobrazení, jak bude váš model tisknut vrstvu po vrstvě. To vám pomůže zkontrolovat, zda je vše nastaveno správně.

Po dokončení těchto kroků jste připraveni vygenerovat G-kód a začít tisknout váš 3D model na tiskárně. Správné nastavení sliceru je klíčové pro dosažení kvalitního výsledku tisku. Nastavení parametrů tisku je možno zvolit například takto:

Parametr	Údaj
Výška vrstvy	0,2 mm
Počáteční výška vrstvy	0,3 mm
Počet vrstev	2
Horní vrstva	2
Spodní vrstva	2
Výplň	10, 30, 50 %
Tvar výplně	Lines (čáry)
Teplota tisku	205 °C
Teplota podložky	45 °C
Rychlost tisku	80 mm/s

Tabulka 1 - možné nastavení parametrů 3D tisku (Švarc, 2021).

V rámci experimentu je možno vytisknout 6 i více hranolků, kdy budeme měnit parametry výplně což může být jedna část zkoušky. Příklad možností ukazuje tabulka 2.

Označení vzorku	Procento výplně	Počet
Testovací hranolek 150x5x5 – I	Tisk s 10 % výplní	Počet kusů 2
Testovací hranolek 150x5x5 – II	Tisk s 30 % výplní	Počet kusů 2
Testovací hranolek 150x5x5 – III	Tisk s 50 % výplní	Počet kusů 2

Tabulka 2 - první možný návrh testovacích vzorků (Švarc, 2021).

Druhou skupinu testovacích vzorků můžeme testovat například s různou teplotou což si můžeme prohlédnout v další tabulce číslo 3.

Označení vzorku	Teplota vzorku	Počet	Procento výplně
Testovací hranolek 150x5x5 – I	Pokojová teploty 20–25 °C	Počet kusů 2	Tisk s 50 % výplní
Testovací hranolek 150x5x5 – II	Schlazeno na teplotu 0–5 °C	Počet kusů 2	Tisk s 50 % výplní
Testovací hranolek 150x5x5 – III	Zahřáto na teplotu 40–45 °C	Počet kusů 2	Tisk s 50 % výplní

Tabulka 3 - druhý možný návrh testovacích vzorků (Švarc, 2021).

Případná změna jiných parametrů záleží na vašich potřebách. Fantazii se zde meze nekladou.

Spuštění tisku připraveného modelu

Po nastavení veškerých paramentů můžeme plynule přejít na samotné vytištění testovacích vzorků. Zde je postup, který byste měli následovat při spouštění tisku:

- Orientace modelu: Zkontrolujte orientaci modelu v slicer softwaru. Správná orientace může ovlivnit kvalitu tisku a minimalizovat potřebu generovat podpůrné struktury. Ujistěte se, že model je umístěn tak, aby byl stabilní a tisknutelný.
- Podpůrné struktury: Pokud váš model vyžaduje podpůrné struktury, povolte je v slicer softwaru. Software automaticky vygeneruje podpůrné struktury, které

pomohou tisku složitých částí. Zkontrolujte, zda jsou podpůrné struktury správně umístěny.

- **Náhled tisku:** V slicer software si zobrazte náhled tisku, abyste zkontrolovali, jak bude model tisknut. Tím zjistíte, zda nejsou žádné chyby nebo problémy, které by mohly vést k neúspěšnému tisku.
- **Příprava tiskárny:** Připojte tiskárnu k počítači nebo přesuňte tiskový soubor na paměťovou kartu či USB flash disk, zkrátka to, jakou možností propojení tiskárna disponuje. Ujistěte se, že tiskárna je připravena k tisku, a že tiskový stůl je čistý a dostatečně adhezivní.
- **Nastavení teploty:** Zkontrolujte nastavenou teplotu tiskové hlavy a podložky podle doporučení pro váš tiskový materiál. Teplota má velký vliv na adhezi a kvalitu tisku.
- **Spuštění tisku:** Klikněte na tlačítko "Spuštění tisku" nebo zapínačem na tiskárně a začněte sledovat průběh tisku. Ujistěte se, že je vše bez problémů.

Kontrola tisku během procesu

- **Monitorování tisku:** Během tisku pravidelně kontrolujte průběh. Kontrolujte, zda tisk probíhá hladce a že se neobjevují žádné chyby. V případě potřeby můžete tisk zastavit a upravit nastavení.

Tisk vyžaduje pozornost a sledování průběhu. Během tisku buďte připraveni na řešení případných problémů a chyb.

Správné dokončení tisku

Po dokončení tisku je třeba provést několik kroků, abyste získali hotový a použitelný 3D model. Zde jsou podrobné kroky:

- **Vypnutí tiskárny:** Po dokončení tisku vypněte 3D tiskárnu. Je důležité zajistit bezpečnostní opatření a zabránit přehřátí.
- **Ochlazení modelu:** Počkejte, než se model dostatečně ochladí na to, abyste ho mohli bezpečně dotknout. Doba chlazení závisí na typu materiálu a velikosti modelu.
- **Odebrání modelu:** Odeberte model z tiskového stolu. Buďte opatrní, abyste ho nepoškodili ani neohrozili sami sebe.

- Odebrání podpůrných struktur: Pokud jste použili podpůrné struktury během tisku, opatrně je odstraňte. Můžete použít kleště nebo jiné nástroje.
- Čištění modelu: Po odstranění podpůrných struktur může být nutné provést drobné úpravy modelu. To zahrnuje zbroušení ostrých hran nebo odstranění nečistot.
- Kontrola kvality: Pečlivě zkontrolujte hotový model, abyste zjistili, zda jsou všechny detaily správně vytisknuty. Mějte na paměti, že 3D tisk může zanechat povrchové nepravidelnosti.
- Dolad'ování: Pokud máte pocit, že je model stále nedokonalý, můžete provést další úpravy nebo opakovat tisk s jiným nastavením.
- Finální úpravy: Podle účelu modelu můžete provést další finální úpravy, jako je lakování, barvení nebo přidání dalších detailů.
- Čištění tiskárny: Po dokončení tisku proveďte úklid tiskárny, odstraňte zbytky materiálu a ujistěte se, že je tiskárna připravena pro další tisk.
- Ukládání a dokumentace: Uložte si hotový model a vytvořte dokumentaci nebo záznam o tisku. Tím si zachováte přehled o všech provedených tiscích a jejich výsledcích.

Příprava zkoušky

Před provedením experimentu je důležité připravit materiály tak, aby byly vhodné pro testování pevnosti tahem. Náš navržený model lze bezpečně testovat tímto typem silové zkoušky. Zde jsou však některé základní parametry, které by měly být vždy zohledněny:

- Délka materiálu: Každý materiál by měl mít dostatečnou délku pro provedení zkoušky. Doporučuje se, aby délka byla nejméně 30 cm, ale můžete ji přizpůsobit podle vašich potřeb, což máme i my.
- Označení: Označte každý materiál tak, aby bylo možné později srovnávat výsledky. To může být provedeno například značkou nebo nalepením pruhu malého papíru s popisem. U našeho experimentu není vyloženě nutné značit počáteční délku, jelikož nás bude zajímat moment poškození materiálu.
- Hmotnost: Pro určení pevnosti materiálu může být užitečné znát jeho hmotnost. Važte materiál před zahájením experimentu a zaznamenejte hmotnost. U našich testovacích vzorků je možné hmotnost zanedbat.

Příprava materiálů a správné označení jsou klíčovými kroky při přípravě experimentu na zkoušku pevnosti tahem. Tím se zajistí, že žáci budou provádět testy s přesnými a konzistentními výsledky.

Postup tahové zkoušky

Podle počtu vytištěných tyčinek je možné, aby žáci pracovali v jednom společném týmu, či se rozdělily do týmů menších. Doporučuji však, pokud je to možné, pracovat s menšími týmy. Menší týmová struktura umožňuje žákům vzájemně spolupracovat, diskutovat o výsledcích a lépe porozumět zkoumaným materiálům. Každý tým by tak dostal určitý vzorek na testování a výsledky by byly později společně diskutovány v rámci spojení všech týmu dohromady. Před započítáním experimentu by měly být žákům poskytnuty jasné a strukturované instrukce, jak zkoušku pevnosti tahem provádět a nutnost řádného zaznamenání výsledků po provedení experimentu. Zde jsou klíčové kroky, které by měly být žákům vysvětleny:

- Vyberte materiál: Každý tým by měl dostat jeden materiál/model, který bude testovat. Materiál by měl být pečlivě připraven a označen.
- Upevnit materiál: Materiál/model umístit správně do měřicího zařízení a pořádně zafixovat.
- Otestovat materiál: Postupovat dle pokynů výrobce a provést tak správné pevnostní zkoušku tahem.
- Vyhodnocení dat: Počkat až měřicí přístroj vyhodnotí provedenou zkoušku a ukáže nám výsledná data.
- Zaznamenání dat: Čitelně a přesně zaznamenat naměřené výsledky do tabulky.
- Analýza výsledků: Po dokončení experimentu zhodnotit výsledky, porovnat je s ostatními týmy a diskutovat o pozorovaných rozdílech.

Jak zaznamenávat data

Zaznamenávání dat je klíčovým krokem při vyhodnocování experimentu. Výsledky je důležité zaznamenat tak, aby byly přehledné a dobře čitelné. Zde jsou některé tipy, jak správně zaznamenávat data:

- Vytvořte tabulku: Vytvořte tabulku, ve které budete zaznamenávat výslednou sílu, kterou materiál byl schopen odolat až do momentu prasknutí.

- Datum a čas: Uveďte datum a čas, kdy byl experiment proveden. To může být užitečné při budoucí analýze.
- Popis materiálu: Každý řádek tabulky by měl obsahovat popis testovaného materiálu, aby bylo jasné, který materiál, s jakými parametry byl použit.
- Poznámky: Pokud se během experimentu stalo něco neobvyklého, uveďte to v poznámkách. To může zahrnovat například odlupování nebo natahování materiálu nebo jiné neočekávané události.

Diskuse výsledků

Diskusi ke zjištěným výsledkům zařazujeme vždy, protože umožňuje žákům aktivně zvažovat a porozumět tomu, co se stalo během experimentu. Tato fáze také povzbuzuje žáky ke kritickému myšlení a k formulaci vlastních závěrů a umožní žákům lépe porozumět materiálovým vlastnostem a principům pevnosti.

Během diskuse o výsledcích by měli žáci zvážit následující otázky a témata:

- Porovnání mezi materiály: Diskutujte o tom, které parametry materiálu vykazovaly největší pevnost a proč.
- Vliv tahového úsilí: Diskutujte o tom, jakým způsobem se materiály chovaly při zvýšeném tahovém úsilí. Byly některé materiály odolnější než jiné?
- Přesnost a konzistence: Diskutujte o tom, jaká opatření byla přijata pro zajištění přesnosti a konzistence výsledků. Mohly být nějaké chyby v měření?
- Diskuse o významu: Diskutujte o tom, jaký význam mají získané poznatky o pevnosti materiálů. Proč je důležité rozumět pevnosti materiálů v inženýrství, průmyslu nebo v běžném životě?
- Reálné využití: Zvažte, jak by mohly být získané poznatky o pevnosti materiálů aplikovány v reálném světě. Jaké praktické využití má tato znalost?

Po diskusi je na řadě interpretace výsledků. To zahrnuje:

- Formulace závěrů: Žáci by měli formulovat závěry z experimentu. To znamená shrnutí toho, co se zjistilo během testování pevnosti materiálů.
- Zhodnocení experimentu: Zhodnotit samotný průběh experimentu. Byly výsledky konzistentní? Byly splněny cíle experimentu?
- Návrhy na další zkoumání: Pobídnout žáky, aby uvažovali o dalších otázkách, které by mohly vzniknout na základě výsledků experimentu. Co by chtěli zkoumat nebo prověřit v budoucím výzkumu?

Učitel by měl hrát aktivní roli v podpoře diskuse a interpretaci výsledků. Měl by povzbuzovat žáky k otázkám a pomáhat jim najít spojitosti mezi výsledky a teoretickými koncepty. Také by měl upozornit na to, že věda často vede k dalším otázkám a objevům a že chyby a nepřesnosti jsou součástí vědeckého výzkumu.

Závěr experimentu

V závěru experimentu zkoušky pevnosti tahem se shrnují hlavní poznatky a důležité body, které byly získány během celého procesu.

V závěru by tak měly být obsaženy tyto následující body:

- **Závěrní formulace:** Shrňte hlavní závěry z experimentu, například který materiál byl nejpevnější.
- **Význam poznatků:** Shrňte, jaký význam mají získané poznatky o pevnosti materiálů v reálném světě a v inženýrských aplikacích.
- **Důležité poznatky:** Shrňte důležitá fakta, která byla zjištěna během experimentu, a zdůrazněte, co jsme se během testování naučili.

NA CO SI DÁT POZOR

Správné zacházení s 3D tiskárnou

3D tiskárny jsou skvělý nástroj pro vzdělávání a tvorbu, ale je důležité, aby se s nimi zacházelo bezpečně. Zde je několik klíčových bezpečnostních opatření:

- **Ochrana očí:** Při manipulaci s tiskárnou nebo provádění údržby používejte ochranné brýle, abyste chránili své oči před nečekanými stříkanci materiálu nebo chemikálií.
- **Ventilace:** Pokud pracujete v místnosti s 3D tiskárnou, zajistěte dostatečnou ventilaci. Materiály používané pro tisk mohou vypouštět plyny nebo páry, které by neměly být vdechovány ve větším množství.
- **Teplota tiskového prostoru:** Vyhněte se dotyku s horkými povrchy tiskárny a zkontrolujte, zda je prostor kolem tiskárny dostatečně chlazený.
- **Po ukončení tisku:** Po dokončení tisku vypněte 3D tiskárnu a nechte ji zchladnout. Neponechávejte ji zapnutou bez dozoru.
- **Pravidla čistoty:** Udržujte pracovní prostor kolem tiskárny čistý a uklizený. Nechávejte si místo na manipulaci a pohyb kolem tiskárny.

- První pomoc: Mějte vždy připravenou možnost poskytnutí první pomoci, pokud by došlo k nehodě.
- Údržba 3D tiskárny: Správná údržba 3D tiskárny je zásadní pro zajištění dlouhé životnosti a bezpečnosti při tisku.
- Čištění tiskárny: Pravidelně čistěte 3D tiskárnu od prachu a nečistot. Používejte stlačený vzduch nebo jiné vhodné nástroje k odstranění nečistot z trysky, podložky a pohyblivých částí.
- Kontrola příslušenství: Pravidelně kontrolujte a udržujte příslušenství, jako jsou tiskové podložky, trysky a řemeny. V případě potřeby je vyměňte nebo opravte.
- Mazání: V některých tiskárnách mohou být pohyblivé části, které vyžadují mazání. Dodržujte doporučení výrobce ohledně mazání a používejte vhodné mazivo.
- Firmware a software: Aktualizujte firmware tiskárny a slicer software na nejnovější verzi, abyste získali nejlepší výkon a bezpečnost.
- Kontrola kabelů: Pravidelně kontrolujte všechny kabely a připojení tiskárny, abyste se ujistili, že je vše v dobrém stavu.

Bezpečnostní tipy pro práci s 3D tiskárnou ve škole

Kromě výše uvedených obecných bezpečnostních opatření je důležité zvážit následující tipy pro bezpečnou práci s 3D tiskárnou ve školním prostředí:

- Dozor dospělé osoby: Ve školním prostředí by měla být 3D tiskárna používána pouze pod dozorem dospělé osoby. Učitelé nebo zodpovědní pracovníci by měli monitorovat tiskový proces a řídit ho.
- Školení: Poskytněte učitelům a žákům školení ohledně bezpečného používání 3D tiskárny, včetně toho, jak se zachovat v případě problémů.
- Záloha a bezpečnostní plán: Mějte připravený plán pro krizové situace, jako je požár nebo zranění při práci s tiskárnou.
- Zakaz jídla a pití: Zakazujte jídlo a pití v místnosti s 3D tiskárnou, aby nedocházelo ke kontaminaci tiskového prostoru.
- Dodržování pokynů: Důkladně se seznamte s návodem k obsluze vaší konkrétní tiskárny a dodržujte pokyny výrobce. Dodržování pokynů a pravidel bezpečnosti vyžadujte po dětech maximálně.

Bezpečnost by měla být vždy prioritou při práci s 3D tiskárnou ve škole. Dodržováním těchto opatření minimalizujete rizika a zajišťujete bezpečný a produktivní tiskový proces.

Je nutné žáky s těmito bezpečnostními pokyny důkladně seznámit. Bez seznámení nelze experiment provést.

Bezpečnostní pravidla tahové zkoušky

Bezpečnost je výrazně důležitou součástí jakéhokoli vědeckého experimentu, a to platí i pro naši zkoušku pevnosti tahem. Je nezbytné, abychom zajistili, že žáci budou během celého procesu chráněni, a že experiment bude probíhat bezpečně a bez rizika úrazu. Následující bezpečnostní pravidla by měla být striktně dodržována:

- **Ochranné brýle a rukavice:** Vždy vyžadujte, aby všichni žáci i učitelé, kteří se účastní experimentu, nosili ochranné brýle a rukavice. To zajišťuje, že oči a ruce jsou chráněny před možnými nebezpečnými situacemi.
- **Opatrné zacházení s materiály:** Ukažte žákům, jak opatrně zacházet s materiály, které budou používat. Měli by se vyvarovat náhlému vytahování nebo prudkému tahu, aby se minimalizovalo riziko zranění.
- **Zkontrolujte materiály:** Před započítím experimentu pečlivě zkontrolujte všechny používané materiály, abyste se ujistili, že nejsou poškozené nebo náchylné k poruše. Materiály s viditelnými defekty by neměly být používány.
- **Dohled učitele:** Učitel by měl být vždy přítomen během provádění experimentu a dohlížet na to, jak se žáci chovají a jak manipulují s materiály. Učitel by měl být schopen rychle reagovat na případné problémy.
- **Vyhrazený pracovní prostor:** Mějte vyhrazený prostor pro provádění experimentu, kde nebudete rušeni ostatními žáky.
- **Odvětrávání:** Pokud používáte lepidla, barvy nebo jiné chemikálie, mějte zajištěno dobrou ventilaci místnosti.
- **Pozor na elektrické zařízení:** Pokud se v experimentu používá elektrické zařízení, ujistěte se, že všechny kabely jsou v dobrém stavu a že se provádí v souladu s bezpečnostními pokyny.
- **Vysvětlení rizik:** Vysvětlete žákům možná rizika a nebezpečí, která by mohla nastat během experimentu, a zdůrazněte, že je důležité dodržovat bezpečnostní pravidla.
- **Rychlá reakce na úrazy:** Připravte se na případné úrazy. Mějte připravenou lékárničku a znalosti první pomoci. Pokud dojde k jakémukoli úrazu, jednejte rychle a poskytněte potřebnou pomoc.

Dodržování těchto bezpečnostních pravidel je zásadní pro zajištění bezpečného prostředí pro všechny zúčastněné a zkouška pevnosti tahem bude pro žáky skvělým vzdělávacím zážitkem. Striktním dodržováním bezpečnostních pravidel navíc dáváme žákům jasně najevo jejich důležitost.

Závěrečné úvahy

Kvalita tisku závisí také na kvalitě grafického modelu. Pokud si sami vytváříte 3D modely, učte se rozvíjet práci s grafickými nástroji a nové techniky pro vytváření vysoce kvalitních modelů. Sledujte zprávy a novinky ve světě 3D tisku, abyste byli informováni o nových technologiích a materiálech. Prohlížejte si online galerie a komunity 3D tisku, jako je Thingiverse nebo MyMiniFactory, abyste našli inspiraci pro své další projekty. Tam můžete najít tisíce volně dostupných modelů ke stažení a tisku. Pokud máte otázky nebo potřebujete radu, obraťte se na online komunity a fóra věnovaná 3D tisku. Tam můžete najít podporu a rady od dalších nadšenců. Zkoušejte také tisknout s různými tiskovými materiály a objevujte jejich jedinečné vlastnosti. Tím můžete vytvářet modely s různými texturami, barvami a vlastnostmi. 3D tisk není jen o tvorbě dekorativních předmětů. Můžete tisknout funkční modely, jako jsou součástky, nástroje nebo dokonce prototypy výrobků. Pokud se chcete stát pokročilými uživateli 3D tisku, zvažte účast na online kurzech, workshopech nebo webinářích. Vzdělání vám může pomoci lépe porozumět pokročilým technikám a technologiím. Po dokončení experimentu můžete žáky povzbudit k následným aktivitám a k rozšiřování výzkumu. Například můžete požádat žáky, aby přemýšlely nad provedením zkoušky pevnosti tahem s dalšími typy materiálů, které mohou být vytištěny na 3D tiskárně. Mohou porovnávat pevnost různých tkanin, plastů, dřeva nebo jiných materiálů. Také můžeme experiment rozšířit tím, že změníte podmínky testování. Například zkoumat, jak teplota, vlhkost nebo rychlost tahového úsilí ovlivňuje pevnost materiálů. Povzbuzujte žáky, aby si vybrali konkrétní téma nebo otázku, kterou chtějí prověřit v rámci výzkumného projektu. To může zahrnovat návrh a provedení vlastního experimentu. Veškeré aktivity mohou posunout experiment na zkoušku pevnosti tahem na vyšší úroveň a pomoci žákům rozvíjet své dovednosti ve vědeckém myšlení a výzkumu. Žákům to může zvýšit zájem o vědu a inženýrství a ukázat jim, že vědecký výzkum může být zábavný a inspirující.

Rád bych také zdůraznil, že 3D tisk je dovednost, kterou lze neustále zdokonalovat a rozvíjet. Buďte trpěliví, experimentujte a nebojte se zkoušet nové věci. Vaše tvořivost a odhodlání vás provedou na cestě k dosažení skvělých výsledků ve světě 3D tisku.

Pro samotné uskutečnění experimentu je třeba zvážit dostupnost možností vaší školy eventuálně spolupráci s jinými institucemi či školami. Spolupráce může probíhat se středními nebo vysokými školami s technickým zaměřením, které nabízejí potřebné zázemí s požadovanými zařízeními. To bude vyžadovat váš zápal pro věc, ochotu a čas. Variant možných uskutečnění je však více.

Příkladem mohu uvést tuto situaci:

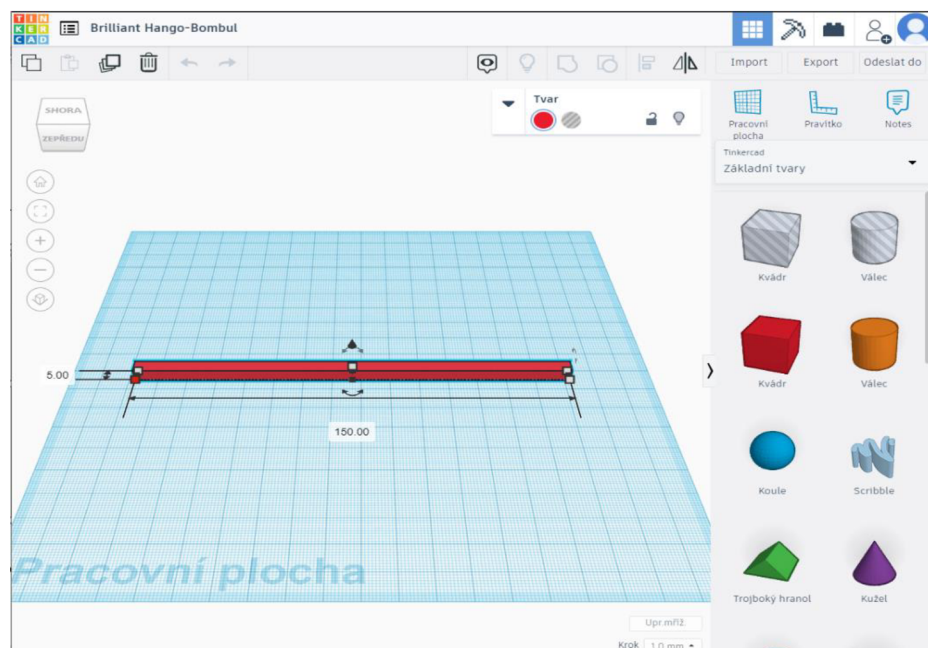
Ve škole máte 3D tiskárnu. V tomto případě si můžete testovací vzorky s žáky navrhnout a vytisknout. Covidová doba nám ukázala vyšší možnosti využití online prostředí čili je možno výslednou zkoušku tahem pozorovat s žáky třeba na dálku. Testovací vzorky vybranému subjektu dodáte a pevnostní zkouška se bude odehrávat online s přímým přenosem či vám může být dodán její záznam. Žáci budou po zhlédnutí o výsledcích diskutovat ve třídě. Cíl experimentu tak bude také splněn.

7. Ukázka praktického odzkoušení v rámci BP

Po návrhu metodické příčky bych rád pro větší pochopení uvedl ukázkou experimentu přímo z praxe. Jak bylo již zmíněno, experiment byl realizován a popsán v mé bakalářské práci (Švarc, 2021), která se věnovala 3D tisku a technickým zkouškám.

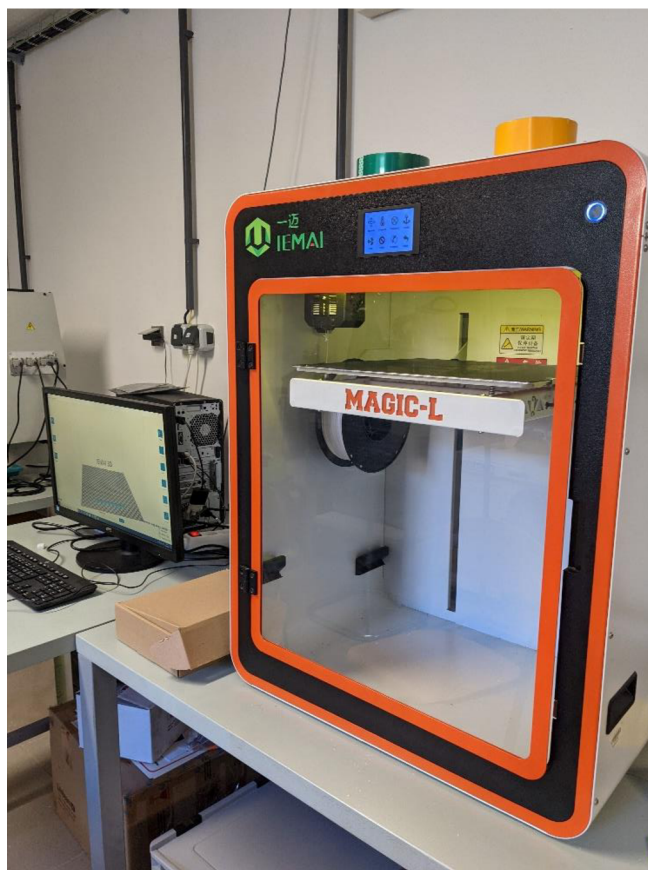
Experiment byl realizován na akademické půdě Univerzity Palackého v Olomouci (UPOL). Technické zázemí katedry technické a informační výchovy disponovalo veškerými prostředky, které byly důležité pro odzkoušení realizaci experimentu. Průběh experimentu byl následovný:

- 1) Připravili jsem si testovací model, jimž jsou navrženy testovací tyčinky uvedeného rozměru. Tvorba modelu byla provedena v prostředí webové aplikace Tinkercad, pro její výraznou jednoduchost. Tento program byl zvolen, abychom se co nejvíce přiblížili reálné práci mladších žáků. Model byl vytvořen za pár minut a po následné kontrole veškerých požadavků byl model exportován do formátu STL. Tvorba modelu probíhala na osobním notebooku značky MSI.

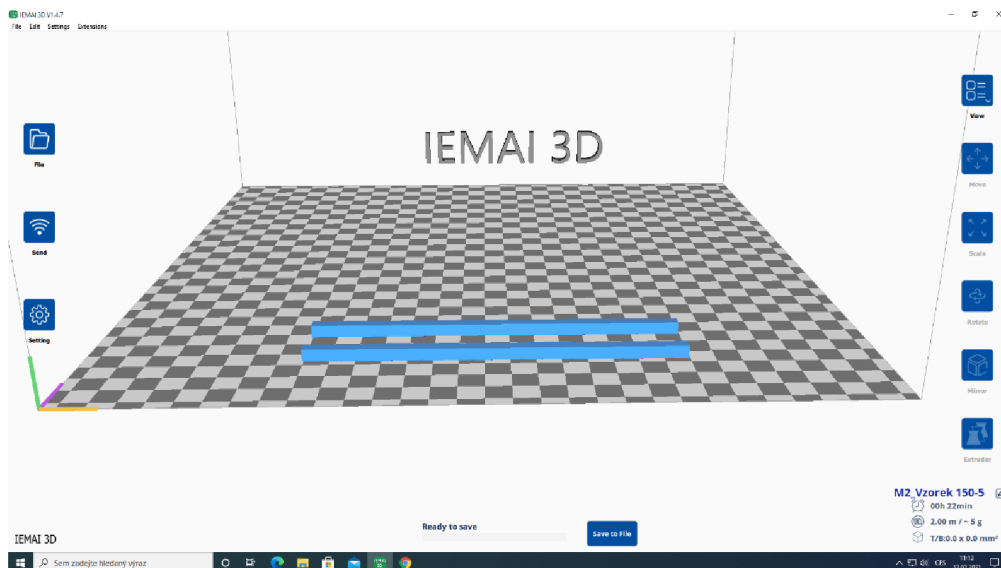


Obrázek 2 - Prostředí Tinkercad (Švarc, 2021).

- 2) V technickém zázemí se nacházel stolní počítač, který disponoval potřebných softwarem pro 3D tiskárnu značky IEMAI Desktop 3D printer Magic L, která byla umístěna hned vedle počítače. V počítači jsme si otevřeli nativní slicer software, který je přímo určen pro práci s místní 3D tiskárnou. Do tohoto softwaru byl nahrán vytvořený model.

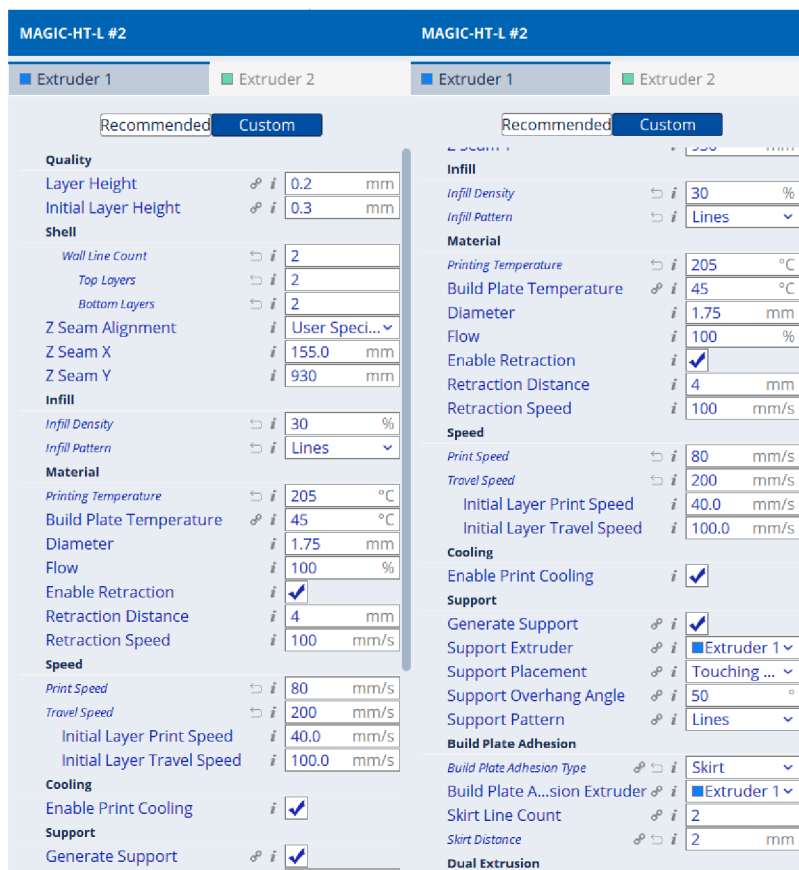


Obrázek 3 - Počítač s 3D tiskárnou (vlastní, 2021).



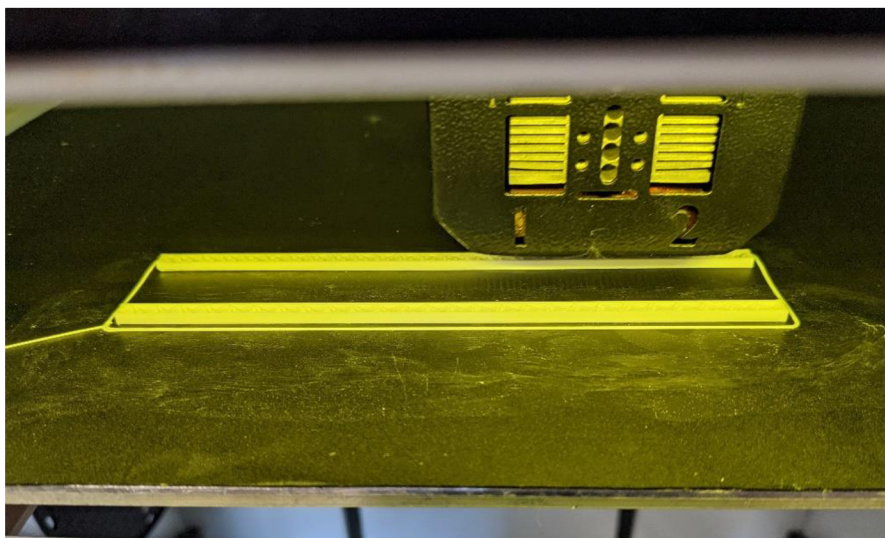
Obrázek 4 - Prostředí sliceru IEMAI (Švarc, 2021).

- 3) Ve sliceru bylo třeba nastavit požadované parametry tisku. Po nastavení veškerých parametrů následovala kontrola umístění na podložce a zadání počtu testovacích tyčinek.



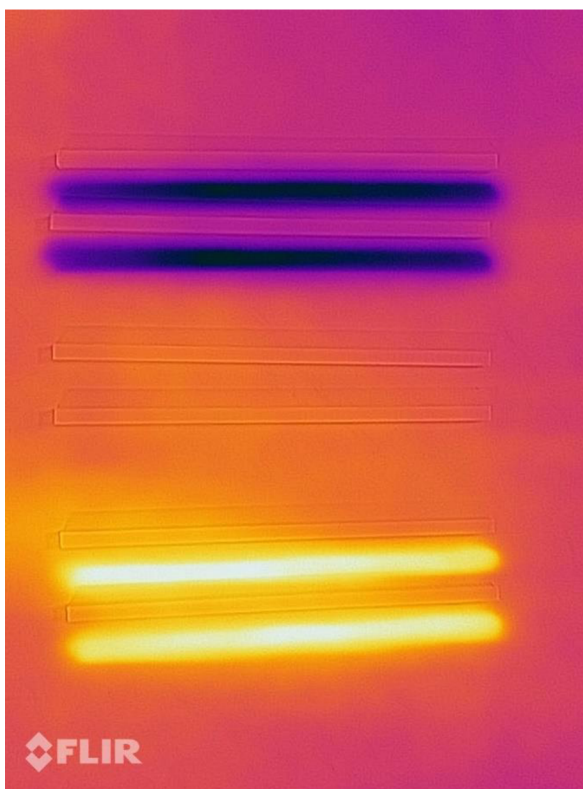
Obrázek 5 - Nastavení parametrů (vlastní, 2021).

- 4) Slicer následně vygeneroval soubor s G-kódem, který byl nahrán na SDHC paměťovou kartu. Tu jsme vložili do 3D tiskárny a zahájili tisk.
- 5) Proces tisku bylo nutné neustále kontrolovat. Kdyby se objevil jakýkoliv problém mohl by tak být hned vyřešen. Typicky: odlupování vzorků od podložky, kroucení materiálu, bortění vrstev atd. Také jsem kontrolovali množství tikového materiálu na cívce, aby byl v případě potřeby včas vyměněn.



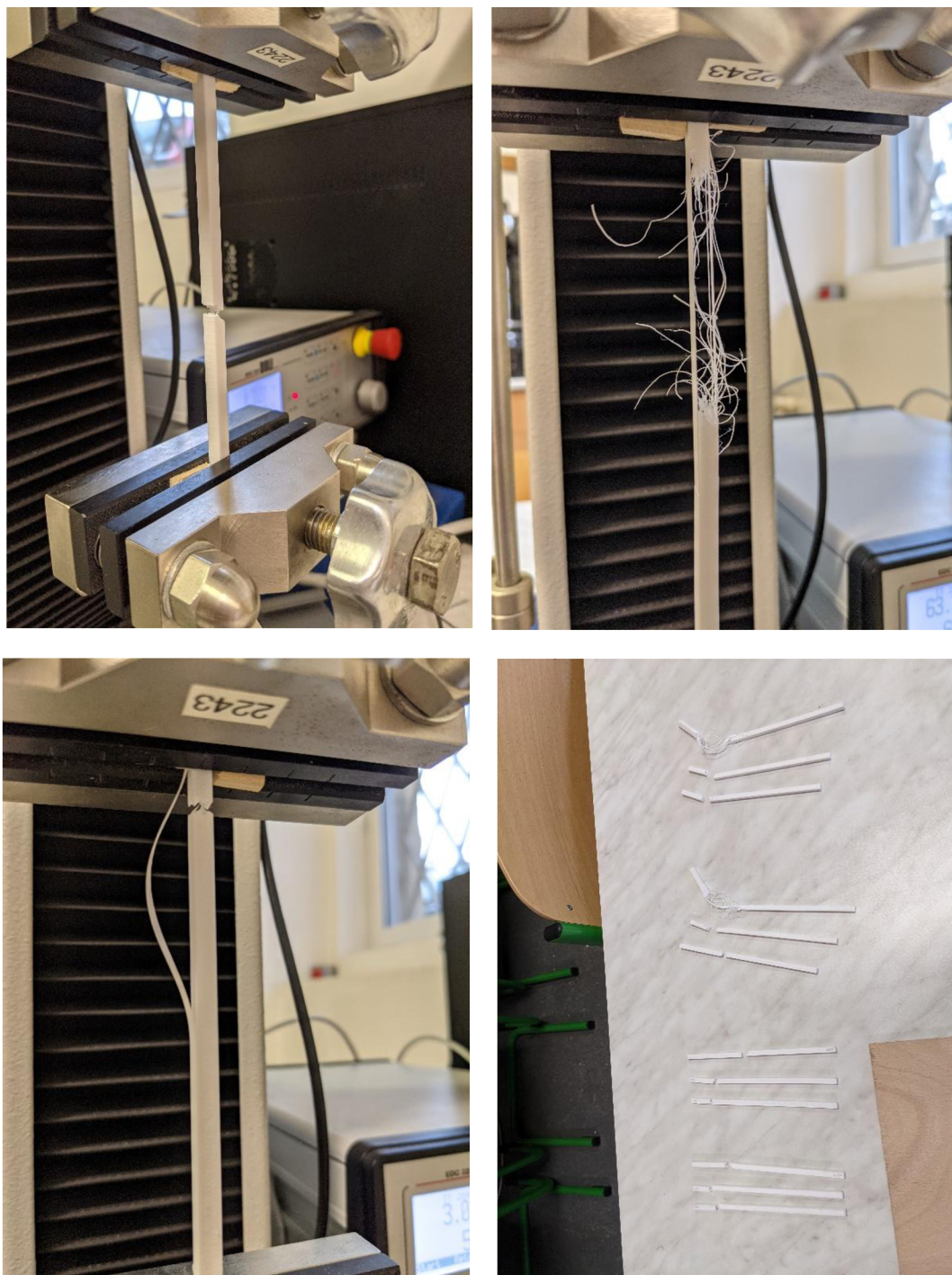
Obrázek 6 - Kontrola tisku 3D modelu (vlastní, 2021).

- 6) Po dokončení tisku jsme učinili veškeré kroky k bezpečnému odebrání testovacích vzorků, aby nedošlo k jejich poškození.
- 7) Před procesem tahové zkoušky jsem vzorky uvedli do požadovaného teplotního stavu. Testovací tyčinky testované na chlad byly umístěny do mrazícího zařízení na požadovanou dobu, zatímco testovací tyčinky testované na vyšší teplo byly umístěny do komory 3D tiskárny, kde se s procesem nahřívání držela konstantní teplota, kterou jsme pro ohřev potřebovali. Toto bylo pro nás jednodušší řešení, jelikož původní plán s nahřívací horkovzdušnou pistolí jsme nemohli uskutečnit z důvodu náhlé absence této pomůcky.
- 8) Abychom mohli tahovou zkoušku započít, bylo třeba ověřit teplotní rozdíly testovacích vzorků. Na to nám posloužilo zařízení CAT S61. Jedná se o mobilní telefon s termovizní kamerou.



Obrázek 7 - Rozdílnost teplot testovacích vzorků (Švarc, 2021).

- 9) Následoval proces tahové zkoušky. Otestovali jsme veškeré naše vytištěné vzorky a z tohoto testování získali důležité výsledky z kterých jsme učinili patřičné závěry. Pár posledních fotografií z testování.



Obrázek 8,9,10,11 - Tahová zkouška (Švarc, 2021).

Tato ukázka není kompletním přehledem detailů uskutečněného experimentu. Jedná se o velice zjednodušený souhrn základních kroků, jak zhruba byl navrhovaný experiment proveden v praxi. Pro detailní popis se všemi náležitostmi a podrobnými výsledky odkáží čtenáře na svou zpracovanou bakalářskou práci z roku 2021. Přesný název bakalářské práce je vymezen následovně: **Technické zkoušky pevnosti v tahu výrobků z materiálu pro 3D tisk.**

8. Závěrečné shrnutí k metodickému materiálu – osobní

Návrh metodického materiálu byl koncipován po uskutečnění experimentu v rámci vlastní bakalářské práce. Jak jste mohli vidět v předešlé kapitole, tento experiment s 3D tiskem a pevnostní zkouškou jeho materiálů, jsem si sám ověřil a vyzkoušel přímo v praxi. Realizace experimentu mě velice bavila, a tak doufám, že podobné pocity by mohli žáci také prožít.

Obsahem metodického materiálu je didaktický výběr klíčových informací. Jde však čistě o mou představu a příklad, jak by něco takového mohlo vypadat v rámci mé vlastní výuky. Návrh jsem zpracovával na základě svých zkušeností a poznatků, které jsem nabyl realizací experimentu a profesním působením ve školství, kde jsem již dva roky. Praxe mi dala možnost vyzorovat, jak na takový typ výuky žáci reagují.

Část „Na co si dát pozor“, zabývající se bezpečností obsahuje souhrn několika různých názorů. Ty jsou jakousi formou pře formulace školního řádu a pravidel bezpečnosti odborných učeben. Vycházím opět ze svých zkušeností a také diskuzí s kolegy přímo z praxe. Bylo nejdůležitější vybrat bezpečnostní zásady tak, aby byla zohledněna hlavně specifika 3D tisku.

Můj návrh jistě není dokonalý a obsahuje určitou řadu nedokonalostí. Jsem si také vědom, že neposkytují zcela komplexní odborný přehled. To ale není hlavním cílem práce i s ohledem na její rozsah. Návrh má svá specifika a je tak na každém, zda z něj něco využije. Původním záměrem je, aby materiál sloužil převážně vyučujícím základního nebo středoškolského vzdělávání či jako popularizační text. Materiál je mým dílem, ale není v plánu ho nikdy vydat jako publikaci. Proto se nebráním jeho využití a transformaci, úpravě či využití a rozšíření jen některých vybraných částí. Budu velice rád, pokud se celý či nějaká jeho část využije a bude sloužit k dalšímu rozvoji kvalitního vzdělávání. Sám mám předjednáno ve škole, kde působím, že experiment do výuky pokusně zařadíme, vč. řešení možné spolupráce s dalšími školami.

EVALUAČNÍ ČÁST

V této závěrečné části si zodpovíme klíčovou otázku: Jak studenti a učitelé hodnotí daný metodický materiál (příručku). Pro celkové ujasnění si tak jako první charakterizujeme, kdo je považován za studenta a kdo za učitele. Další kapitolou jsou stanovená kritéria pro hodnocení, dle kterých vybrání respondenti hodnotili metodický materiál. Poslední kapitola sumarizuje veškerou získanou zpětnou vazbu od těchto respondentů a vložené části doplňující mé osobní poznatky. Osobní poznatky zahrnují zhodnocení, co mi zpětná vazba přinesla a co bych mohl příště udělat jinak případně vylepšit.

9. Evaluační vzorek respondentů

9.1 Profil studenta

Označení student platí pro člověka, který se věnuje dalšímu rozvoji vzdělávání po základní škole. Jeho vzdělávání systematicky pokračuje na nějaké střední, vyšší odborné, či vysoké škole. Student tak obvykle činí za účelem přípravy a nových možností pro své budoucí povolání (Student, 2023).

Označení student však v českém školství neplatí úplně jednoznačně. Zatímco pro gymnázia označení student platí, tak střední školy preferují označení „žák“. U vyšších odborných a vysokých škol, ale školský zákon využívá jasné označení „student“ vždy (Zákon č. 561/2004 Sb.).

9.2. Profil učitele

Učitel nebo učitelka je vlastně pedagogickým pracovníkem, a tak si nejprve tento pojem vysvětlíme. Druhů pedagogických pracovníků však rozlišujeme hned několik. Zákon nám definuje tyto pozice. Pozice učitele, poskytuje vzdělání žákům nebo studentům. Učitel svou pedagogickou činností přímo působí na žáka pomocí jistých vzdělávacích prostředků a směřuje ho k potřebám společnosti definovaných výchovně vzdělávacími cíli. Dále v dnešní době velice rozšířený asistent pedagoga, který je pomocnou rukou učitele a specializuje se hlavně na práci s dětmi se speciálně vzdělávacími potřebami (SVP), během vyučovacího procesu. Speciální pedagogický pracovník, se rovněž specializuje na práci s dětmi s SVP, ale většinou individualizovanou formou. Vychovatel, který vede školní družinu na první stupni. Pedagog volného času pro vedení zájmových kroužků různého zaměření nebo trenér pro zaměření kroužků sportovního charakteru.

Všichni tito pracovníky jsou zaměstnanci školských zařízení a jim podobným vzdělávacím institucím. Většina z těchto pracovníků jistým způsobem ovlivňuje výchovně vzdělávací proces dětí. Pedagogičtí pracovníci jsou v případě škol vybíráni ředitelem školy a je nutné, aby měli patřičné vzdělání nebo prošli potřebnými kurzy s výstupním certifikátem (Průcha, Walterová, Mareš, 2013).

Učitelé mohou pracovat na základních školách, středních školách nebo vysokých školách a univerzitách. Učitelé mohou mít různé specializace a vyučovat různé předměty podle svého vzdělání a odbornosti. Jejich hlavním úkolem je předávat znalosti, dovednosti a hodnoty svým žákům nebo studentům a pomáhat jim v rozvoji. Kromě toho je zde mnoho dalších funkcí. Některé z těchto hlavních funkcí učitele jsou: tvorba vyučovacích plánů a materiálů v souladu s učebními osnovami a potřebami žáků nebo studentů, posuzování a hodnocení žákovských a studentských úkolů, zkoušení ústní i písemné, administrativní činnosti, pomoc při rozvoji vzdělávacích a výchovných dovedností, podpora osobnostního a sociálního rozvoje, motivace žáků a studentů k učení a vlastnímu seberozvoji, komunikace s rodiči ohledně pokroku jejich dětí a dalších záležitostí co se týkají vzdělávacího procesu, udržování disciplíny, školního řádu a pravidel, poskytování poradenství žákům v oblasti možností jejich budoucí kariéry a osobního rozvoje, spolupráce s ostatními pedagogy a dalším školním personálem na schodu školy, neustálé sebevzdělávání a profesní rozvoj apod. Z tohoto výčtu velmi dobře vidíme, že role učitele je velmi komplexní a zahrnuje mnoho aspektů, které mají za cíl podporovat všechny žáky případně studenty ve vzdělávání a přípravě na jejich budoucí život (Zieleniecová, 2023).

10. Kritéria pro vyhodnocení

Prvotní prosba o evaluaci daného metodického návrhu proběhla nejprve osobní schůzkou. Cíl výzkumu byl společně s kritérii pro závěrečné hodnocení možnému výběru respondentů dostatečně detailně vysvětlen, aby bylo hned v úvodu vše náležitě pochopeno.

Pro hodnocení byli vybráni studenti pedagogické fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, jelikož se u nich předpokládá, že se po dokončení studií budou věnovat učitelské profesi. V rámci spolupráce s vedoucím práce, jsme osobně oslovili vybraný vzorek studentů studující program učitelství techniky a učitelství odborného výcviku. Jednalo se o studenty prezenční i kombinované formy studia. Na základě dobrovolnosti se do výzkumu zapojilo celkem šest studentů z toho se jednalo o tři studenty a tři studentky. Studentům byla posléze kritéria hodnocení společně s vytvořeným návrhem metodického materiálu distribuována elektronickou formou, konkrétně emailovým komunikačním prostředkem. Zpracována zpětná vazba byla pak dodána zpětným posláním v elektronické podobě, taktéž emailem. Jak již bylo zmíněno v kapitole závěrečného shrnutí k metodickému materiálu, aplikaci experimentu do vyučování projednáváme ve škole, kde jsem momentálně zaměstnán. Přesně z tohoto důvodu, jsem kromě budoucích učitelů z řad studentů oslovil i učitele přímo z praxe. Konkrétně se jedná o mé osobní kolegy. Podmínkou bylo, aby tyto učitelé pracovali ve školství minimálně dva roky, což pokládám za jistý osobní milník zisku určitých dovedností práce s žactvem. U vybraných učitelů není vždy zastoupena aprobace technického zaměření, což však vůbec nevadí, jelikož můžeme získat zcela různé pohledy na danou problematiku. Učitelům jsem taktéž kritéria hodnocení i metodický návrh zaslal v elektronické podobě. Sběr jednotlivých hodnocení mi kolegové předali jak elektronicky, tak i v tištěné podobě.

Hodnotící kritéria byla definována jasně a jednoduše, aby respondenti lehce, pochopili, na co konkrétně je nutné se nejvíce zaměřit.

Text níže tato kritéria zobrazuje v téměř shodně formě, jaká byla respondentům dodána k hodnocení metodického materiálu.

Na co se prosím zaměřit:

- 1) Srozumitelnost a nedostatky textu metodického materiálu.
- 2) Použitelnost textu (jeho praktická uplatnitelnost).

- 3) Zvládnutelnost po technické stránce (troufnul bych si na realizaci experimentu?).
- 4) Zvládnutelnost po organizační stránce (zvládnutí organizace činností žáků).
- 5) Vlastní názor na užitečnost tohoto experimentu a experimentálních výukových metod.

Vypracujte prosím hodnocení (vaši recenzi) k návrhu metodického materiálu experimentu. Výsledným hodnocení jsou odpovědi na výše uvedených body. Mockrát děkuji.

Po oslovení, následné distribuci a zpátečnímu dodání se mi dostalo efektivní zpětné vazby, kterou jsem mohl do poslední kapitoly této diplomové práce shrnout v jeden celek.

11. Evaluační souhrn včetně osobních postřehů

Tato před závěreční kapitola obsahuje souhrn veškeré získané zpětné vazby. Text získané poznatky shrnuje do jednoho komplexního celku. V určitých částech textu jsou také obsaženy doplňující pasáže s mým osobním názorem, postřehy, včetně možného vyvození řešení, které ze shromážděné zpětné vazby rovněž vycházejí.

Reflexe návrhu metodického materiálu přinesla řadu pozitivních závěrů, ale i spoustu velmi užitečných doporučení a postřehů. Vyloženě s negativní zpětnou vazbou jsem se v rámci hodnocení vůbec nesetkal, což mě osobně velmi potěšilo. Učitelé i studenti vyjádřili své názory a zkušenosti, kterými jsou tyto výsledky.

Srozumitelnost.

V rámci srozumitelnosti textu navrhovaného materiálu byly odpovědi převážně pozitivní. Respondenti se shodli na velmi dobré strukturovanosti textu. Na materiálu se jim líbilo, že je vše vysvětleno jednoduše s jistou posloupností (často uváděli „*krok po kroku*“) a nenacházeli zde žádné nesrozumitelné věty. V textu se dá dobře orientovat. Polovina respondentů (učitelů i studentů) uvedla, že s touto technologií nemají žádné zkušenosti a považují se za „laiky“. I tak, dle jejich slov byli schopni téma a text s informacemi z něj vyplývající, pochopit, orientovat se v něm a podle pokynů si dokázali představit, jak by tento experiment mohli uskutečnit. Částí k zamyšlení je upozornění na několik odborných termínů, které v materiálu nejsou dostatečně vysvětleny. Jednalo se hlavně o pojmy počítačové jako import, hardware, software apod. Při psaní této části jsem si jakožto učitel informatiky bohužel nepohlídal uvědomění (jelikož se s těmito pojmy setkávám denně), že by bylo nutné v materiálu tyto pojmy dovysvětlit. Zajisté je to kritika pravdivá a podstatná. Musíme však počítat s tím, že s každou takovou maličkostí bude „bobtnat“ textová část metodického materiálu. V tomto smyslu mě tak napadá možnost, do metodické příručky implementovat stručný pojmový slovník.

Použitelnost textu (praktická uplatnitelnost).

V této otázce respondenti vyzdvihli efektivitu navrženého materiálu v kontextu experimentálních výukových metod. Uvedli, že je experiment vhodným nástrojem pro zlepšování žákovi aktivní účasti ve výuce. Proto se jim text navrhovaného experimentu převážně zamlouval. Metodický materiál dle výzkumného vzorku plní přesně ten účel, za jakým byl vytvořen. V určitém kontextu věcí se zde však různily dva názory. Určitá část respondentů uvedla, že je text v takovéto podobě bez problému uplatnitelný a naprosto

pochopitelný. Opačné tvrzení, které se v hodnocení objevilo říká, že tento text určitě není vhodný pro nezkušené uživatele, ale že je třeba mít nějaké základní zkušenosti s těmito technologiemi. Oba tyto pohledy také naprosto chápu, jelikož se opravdu nejedná o technologie, které bychom používali každý den. Dalším doporučením k zamyšlení, jež bylo zmíněno, je tento text rozšířit a zaměřit se nejen na školy základní, ale spíše na školy lépe vybavené těmito technickými prostředky. Například tedy učiliště, střední školy ale klidně i vysoké školy technického zaměření. V principu však experiment nemá účel přesnosti, ale spíše vyvolat u žáků mladšího věku pocit následujícího typu. Cituji „*Ty jo to jsem fakt nevěděl, že by mohla plastová tyčinka z 3D tiskárny udržet tolik kilo*“. Jeden ze studentů uvedl názor, že v případě kompletní úpravy textu na přesné pokyny či doplnění metodiky jiným textem, by mohl být experiment uskutečněn vyloženě jak samostatná práce pro studenty technických středních škol. To podle mě není vůbec špatný nápad, ale jelikož byl tento metodický materiál navržen přímo jako pomůcka (informace) pro učitele, vyžadovalo by to zcela jiný přístup, případně potřebu rozšířit metodický materiál o sekce pokynů pro žáky. Například formou pracovního listu jako přílohu k tomuto materiálu. Stejně jako v otázce srozumitelnosti, jistý názor navrhoval, doplnění příručky o obrázky, pro lepší představu postupu a strojů s kterými se pracuje. V první fázi přípravy materiálu jsem o tomto také uvažoval. Bylo však nutné neustále přidávat textové pokyny, aby byl tento text dostatečně pochopen. Dodatečné obrázky by rovněž tento materiál ještě více natahovali, co se rozsahu stran týče, proto by bylo možné, například metodický materiál rozšířit o přílohu ve formě elektronické prezentace s podrobnou fotodokumentací. V předpřípravě jsem si stanovil, že chci dosáhnout cíle 20 stran v maximálním počtu, aby materiál nebyl příliš dlouhý. I přes toto rozhodnutí mi přijde 20 stran, které jsme naplnil poměrně dost a jistě by šlo promyslet úpravu obsahu a popřípadě přidání podpůrných obrázkových ilustrací.

Tato otázka byla uzavřena bohužel tím, že školství prochází velkými finančními změnami, a proto spousta základních škol, nemá přístup k takto nákladným technologiím a nemohou tyto poutavé a zajímavé experimenty realizovat.

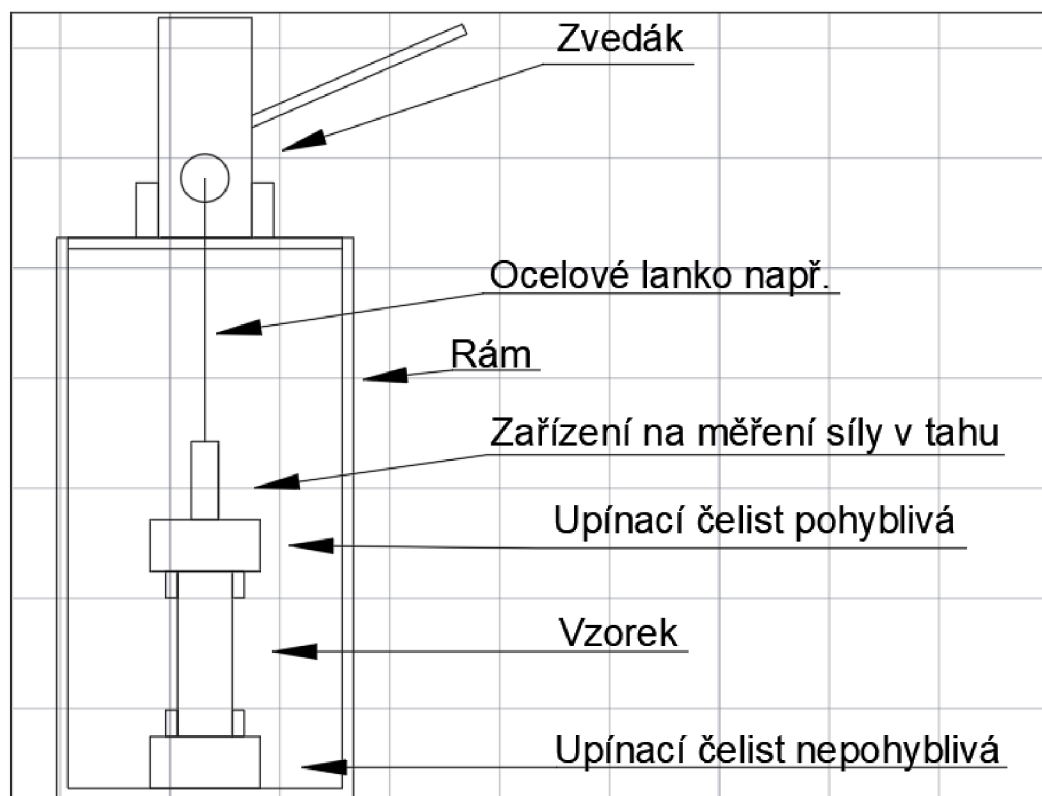
Zvládnutelnost po technologické stránce (troufnul bych si na realizaci?).

V této otázce respondenti uvedli skoro jednohlasné „ano“, což mě opravdu velice těší. Jak bylo zmíněno v otázce srozumitelnosti textu, učitelům i studentům se líbila textová jednoduchost, a právě celková jasnost pokynů (co a jak použiju). Doporučení, kdy je lepší, aby učitel měl jisté základy (alespoň práce s PC) je jen potvrzením i mých

myšlenek. Určitě však chci zmínit i názor jedné ze studentek. Ta uvedla, že pouze na základě tohoto metodického materiálu by si na realizaci netroufla. Dle jejich slov ji chybí hlavně zkušenosti, které tento materiál zkrátka nemůže nabídnout. Ovládnání 3D tiskárny vyžaduje více zkušeností, což zmínila hlavně v kontextu bezpečnosti, kdy se kolem tiskárny budou pohybovat žáci. Jakožto učitel z praxe souhlasím, protože vím, že s některými žáky opravdu lehká domluva není. Vzhledem ke komplexnosti experimentu je jistě obrovskou výhodou mít základy těchto technologií naučené a třeba i zautomatizované, abychom mohli věnovat více pozornosti právě bezpečnosti a chování dětí (jestli dodržují co mají a pozorování tak plní účel názornosti).

Zvládnutelnost po organizační stránce.

S obdobami předchozího názoru se přesuneme k otázce zvládnutelnosti. Učitelé i studenti shodně vyjádřili obavy ohledně časové náročnosti a složitější organizaci této experimentální výuky. Příprava a provedení experimentu vyžaduje značné množství času, což může být problematické v rámci již tak nabitých výukových plánů. Někteří učitelé uvedli, že komplexnost organizace experimentů, může odvádět pozornost od dalších důležitých témat. Dalším zjištěním bylo, že experimentální metoda může být náročná v prostředí s velkým počtem žáků, aby bylo možné je všechny účelně zapojit a uhlídat. Učitelé z praxe rovněž uvedli, že by mohlo být obtížné zajišťování dostatečné individuální pozornosti a podpory pro každého žáka, během různých kroků uvedených v materiálu. To může ovlivnit celkovou kvalitu výuky a zapojení žáků. Zaznamenány byly i obavy týkající se dostupnosti materiálů a technického vybavení pro experimenty. Opět hlavně učitelé cítili omezení ve svých možnostech realizace experimentu kvůli nedostatku prostředků nebo náročnosti na technické zařízení. Odpovědi na některé z těchto otázek jsou již uvedeny v závěrech kapitol praktické části DP. Názor, který bych ještě rád zmínil se týká nedostupnosti trhacího stroje v základních školách. Jeden ze studentů se tak zamyslel a vytvořil schéma „podomácku vyrobeného“ stroje, který by tuto nedostupnost mohl částečně vyřešit. Zahrnuje automobilový zvedák propojený nějakým způsobem s měřičem síly. Nápad a navržené schéma se mi líbí, a proto ho zde pro ukázkou přikládám, avšak v tuto chvíli nedokáži posoudit, zda by bylo možné stavbu takového stroje opravdu uskutečnit a poté v praxi použít.



Užitečnost experimentu a experimentálních výukových metod.

Zpětná vazba v otázce užitečnosti uvádí, že takto navržená experimentální metoda výuky (experiment v rámci metodického materiálu) bude mít jistě pozitivní vliv na výsledky učení. Učitelé i studenti viděli přednosti interaktivních a participativních výukových přístupů, jelikož by mohli přinést výrazné vylepšení v kvalitě vzdělávání a podporovat rozvoj stanovených klíčových dovedností.

Dle vyjádření respondentů tento navrhovaný experiment podporuje zapojení do reálných situací, což vede ke zvýšení zájmu a motivace u žáků. Vzorek několika učitelů uvedl, že při výuce s využitím experimentu (mého navrhovaného i jiných), mohou lépe ilustrovat teoretické koncepty a přenést je do praktického kontextu. Společně tím uvádějí, že při různých pokusech ve výuce, kdy jsou žáci aktivními účastníky, lépe chápou učivo a jsou schopni si ho rychleji a efektivněji osvojit. Studenti v celkové reflexi experimentální metody výuky zdůraznili, že tato forma výuky přináší nový a zajímavý pohled na vyučovací proces. Studentské hodnocení dále pochvalovalo možnosti osobního zapojení žáků do samostatného zkoumání. Mnozí z nich zmínili, že tato forma výuky podporuje i jejich zvědavost a zájem o hlubší porozumění danému tématu. Pozitivní učitelská zkušenost u experimentálních metod je schopnost poskytovat okamžitou zpětnou

vazbu. Tato okamžitá zpětná vazba může vést k rychlejšímu opravování případných nedorozumění a k posílení kritického myšlení. Učitelé ze svých zkušeností taktéž uvádějí, že experimentální metoda podporuje týmovou spolupráci a komunikaci mezi studenty. Učitelé u pokusů či experimentů ve výuce zaznamenali, že po uskutečnění těchto experimentů se žáci daleko častěji zapojí do diskuze o zjištěných nových poznatcích a společně řeší zjištěnou problematiku. Tato interakce má pozitivní dopad na sociální dovednosti a rozvoj schopnosti žáků pracovat v týmu. Přestože se většina z dotazovaných shodla, že navržený experiment nabízí mnoho pozitivních prvků, nevyhnutelně se objevují i negativní stránky, které ovlivňují jak učitele, tak i žactvo. V učitelském hodnocení se objevil názor, že ne všechna témata jsou vhodná pro experimentální metodu výuky. Některá témata mohou být abstraktní nebo vyžadovat specifické technické vybavení, což může omezovat použitelnost této metody. To se bohužel lehce váže i k našemu způsobu experimentu a já s tím naprosto souhlasím. Volba tématu experimentu by pro žáky měla mít nejet formu zajímavou, ale především účelnou a přenositelnou do osobního života. V negativním studentské hodnocení se objevilo několik témat. Někteří studenti poukázali na to, že přílišná závislost na experimentální metodě může snižovat variabilitu výuky. Považovali za důležité, aby byly výukové metody různorodé, a také byly lépe přizpůsobeny různým učebním stylům a preferencím. Toto uvažování vychází z učiva (požadavků) jejich vysokoškolského studia. Na studenty je kladen důraz, aby po příchodu do praxe využívali co nejvíce heterogenních výukových metod. Poslední uvedený negativní aspekt experimentální metody výuky uvádí, že žádná tato forma metody není bez problémů a může vyžadovat pečlivé plánování a dost zkušeností. Je tak klíčové brát v úvahu zkušenosti jak učitelů, tak studentů při formulaci a implementaci experimentálních výukových přístupů. Pouze pečlivá vyváženost mezi pozitivními aspekty a výzvami umožní efektivní využití této metody v rámci výukového procesu.

Tato reflexe nabízí cenné perspektivy pro budoucí implementaci experimentálních metod ve vzdělávacím procesu a zdůrazňuje potřebu dalšího výzkumu v této oblasti.

ZÁVĚR

Dostali jsme se na úplný závěr mé diplomové práce. V rámci této práce jsem se zaměřil na problematiku implementace 3D tisku ve výuce a jeho potenciální pozitivní vliv na proces vzdělávání. Konkrétněji jsem se věnoval didaktickým podmínkám experimentální výuky a možné aplikace jednoduchého experimentu, který jsem osobně vymyslel, do procesu základního vzdělávání. Experiment byl prakticky odzkoušen a detailněji popsán v rámci mé bakalářské práce. Hlavním cílem navazující práce tak byla tvorba návrhu metodického materiálu s jeho evaluací (ověřením). Tento materiál má učitelům poskytovat strukturovaný rámec, jak mnou navrhovaný experiment s 3D tiskem a jeho materiály uskutečnit a začlenit do vyučovacího procesu.

Vytvořená metodická příručka je materiálem vhodným převážně pro učitele, jelikož obsahuje přesný popis postupu a potřebných technologických prostředků pro uskutečnění experimentu, ale jak již bylo zmíněno, cokoli z tohoto materiálu může být využito kýmkoliv, případně může být materiál dál vyvíjen, upravován a transformován. V průběhu práce bylo třeba specifikovat teoretické poznatky v rámci didaktických pravidel, proto jsem opíral převážně o známé didaktické materiály od významných a ověřených autorů. Až na základě získaných poznatků jsem mohl vypracovat návrh metodické příčky, který byl poté předán ke zhodnocení užitečnosti a pochopení studentům a učitelům.

Cíl diplomové práce tímto považuji za splněný, jelikož byl návrh metodické příručky přijat pozitivně, což potvrzuje i získaná zpětná vazba. Respondenti chválí jeho užitečnost a efektivitu, i když se zde samozřejmě našly podněty k zamyšlení, převážně pak k realizaci tahové zkoušky.

Výsledky mé práce však naznačují, že správně strukturovaná metodická příčka může výrazně usnadnit učitelům začlenění 3D tisku do výuky a tím otevřít dveře pro nové a poutavé výukové metody. Tato práce představuje krok vpřed směrem k podpoře technické gramotnosti ve školství a k posílení interakce mezi moderními technologiemi a výukou.

Diplomová práce přináší nejen konkrétní nástroj, který může být učiteli, jakkoliv využit, ale také podporuje diskuzi o významu technologických inovací ve vzdělávání. Věřím, že tato práce bude přínosem pro další výzkum a vývoj v oblasti propojení vzdělávání a technologie.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- CÍHOVÁ, Jitka. *Jak si představoval Komenský moderní vzdělávání?* Online. 100+1 Zahraničních zajímavostí. 2007–2011. Dostupné z: <https://www.stoplusjednicka.cz/skola-hrou-jak-si-predstavoval-komensky-moderni-vzdelavani>. [cit. 2023-11-21].
- ČADÍLEK, Miroslav a Aleš LOVEČEK. *Didaktika odborných předmětů*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2005.
- Classroom Experiments*. Online. Pedagogy in Action. 2023. Dostupné z: <https://serc.carleton.edu/sp/library/experiments/index.html>. [cit. 2023-12-02].
- CO JE STEM Online. JEDUEDU!. 2018. Dostupné z: <https://www.jeduedu.cz/stem/>. [cit. 2023-11-21].
- HUČÍNOVÁ, Lucie. *Klíčové kompetence v RVP ZV*. Online. Metodický portál RVP.CZ. 2023. Dostupné z: <https://clanky.rvp.cz/clanek/c/Z/335/klicove-kompetence-v-rvp-zv.html>. [cit. 2023-11-21].
- JANIŠ, Kamil. *Obecná didaktika – vybraná témata*. Vyd. 4. Hradec Králové: Gaudeamus, 2010. ISBN 978-80-7435-047-4.
- JANIŠ, Kamil. *Obecná didaktika – distanční studijní text*. Opava, 2019.
- JÍŘÍ, Dostál. *Experiment jako součást badatelsky orientované výuky*. Online. 2013. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/279981135_EXPERIMENT_AS_P
ART_OF_INQUIRY-BASED_INSTRUCTION](https://www.researchgate.net/publication/279981135_EXPERIMENT_AS_P
ART_OF_INQUIRY-BASED_INSTRUCTION). [cit. 2023-12-02].
- KALHOUS, Zdeněk. *Školní didaktika*. Praha: Portál, 2002. ISBN 80-7178-253-x.
- KASÍKOVÁ, Hana. *Kooperativní učení na školách: tři pohledy, tři výhledy*. Online. Pedagogika. 2017, roč. 67, č. 2. ISSN 2336-2189. Dostupné z: <https://doi.org/10.14712/23362189.2017.398>. [cit. 2023-12-02].
- KLIMKOVÁ, Jana. *Jednoduchý experiment ve vyučování přírodovědy na 1. stupni ZŠ*. Online, Diplomová práce. Brno: MASARYKOVA UNIVERZITA PEDAGOGICKÁ FAKULTA, 2007. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/ra6qe/Diplomova_prace.pdf. [cit. 2023-11-26].
- KOHOUT, Karel. *Základy obecné pedagogiky*. 2. vydání. Praha: Univerzita Jana Amose Komenského Praha, 2007. 152 s. ISBN 978-80-86723-38-9.
- MAŇÁK, J. *Nárys didaktiky*. Brno: MU, 1995. ISBN 80-210-1124-6.
- MAŇÁK, Josef. *Nárys didaktiky*. 3. vydání. Brno: Masarykova univerzita v Brně, 2003. 104 s. ISBN 80-210-3123-9.

- MAŇÁK, Josef a ŠVEC, Vlastimil. *Výukové metody*. Brno: Paido, 2003. ISBN 80-7315-039-5.
- PECINA, P. *Tvořivost ve vzdělávání žáků*. Brno: PdF MU, 2008. ISBN 978-80-210-4551-4.
- PETTY, Geoffrey. *Moderní vyučování*. 6., rozš. a přeprac. vyd. Přeložil Jiří FOLTÝN. Praha: Portál, 2013. ISBN 978-80-262-0367-4.
- PRŮCHA, J., WALEROVÁ, E., MAREŠ, J. *Pedagogický slovník*. Praha: Portál 2009. ISBN 978-80-7367-647-6
- PRŮCHA, J., WALEROVÁ, E., MAREŠ, J. *Pedagogický slovník*. Praha: Portál 2013. ISBN 978-80-262-0403-9
- SKALKOVÁ, Jarmila. *Obecná didaktika: vyučovací proces, učivo a jeho výběr, metody, organizační formy vyučování*. Pedagogika (Grada). Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1821-7.
- RVP ZV – *Rámcový vzdělávací program základního vzdělávání*. Online. PRAHA: MŠMT, 2023. Dostupné z: <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcove-vzdelavacici-program-pro-zakladni-vzdelavani-rvp-zv/>. [cit. 2023-12-02].
- STEM je základ technické výuky*. Online. Výuka 4.0. 2021. Dostupné z: <https://vyuka-4-0.cz/stem-je-zaklad-technicke-vyuky/>. [cit. 2023-11-21].
- Student*. Online. Kdo je to? 2023. Dostupné z: <https://kdojeto.superia.cz/skolstvi/student.php>. [cit. 2023-11-13].
- ŠVARC, Jakub. *Technické zkoušky pevnosti v tahu výrobků z materiálu pro 3D tisk*. Online, Bakalářská práce. Olomouc: UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI, 2021. Dostupné z: https://theses.cz/id/bb2txo/?zoomy_is=1. [cit. 2023-11-26].
- ZÁKON č. 561/2004 Sb., zákon o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání (školský zákon).
- ZIELENIECOVÁ, Pavla. *Učitel a jeho pedagogická činnost*. Online. Dostupné z: <https://kdf.mff.cuni.cz/vyuka/pedagogika/materialy/ZS/8%20Priprava%20ucitele%20na%20vyuku.%20Legislativni%20zakotveni%20ucitele.pdf>. [cit. 2023-11-05].
- ZORMANOVÁ, L. *Obecná didaktika*. 1. vyd. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4590-09.

SEZNAM ZKRATEK

3D – trojrozměrné (prostorové) zobrazení

BP – bakalářská práce

DP – diplomová práce

MŠMT – Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy

RVP ZV – rámcový vzdělávací program základního vzdělávání

SVP – speciální vzdělávací potřeby

UPOL – Univerzita Palackého v Olomouci

ZV – základní vzdělání/vzdělávání

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Ilustrační obrázek k metodickému materiálu (DALL-E 3, 2023).	35
Obrázek 2 - Prostředí Tinkercad (Švarc, 2021).	57
Obrázek 3 - Počítač s 3D tiskárnou (vlastní, 2021).	58
Obrázek 4 - Prostředí sliceru IEMAI (Švarc, 2021).	58
Obrázek 5 - Nastavení parametrů (vlastní, 2021).	59
Obrázek 6 - Kontrola tisku 3D modelu (vlastní, 2021).	59
Obrázek 7 - Rozdílnost teplot testovacích vzorků (Švarc, 2021).	60
Obrázek 8,9,10,11 - Tahová zkouška (Švarc, 2021).	61

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - možné nastavení parametrů 3D tisku (Švarc, 2021).	45
Tabulka 2 - první možný návrh testovacích vzorků (Švarc, 2021).	46
Tabulka 3 - druhý možný návrh testovacích vzorků (Švarc, 2021).	46

ANOTACE

Jméno a příjmení	Bc. Jakub Švarc
Katedra nebo ústav	Katedra technické a informační výchovy
Vedoucí práce	Mgr. Michal Mrázek, Ph.D.,
Rok obhajoby	2023

Název závěrečné práce	Didaktické podmínky experimentu s technologií 3D tisku na 2. stupni ZŠ
Název závěrečné práce v angličtině	Didactic conditions of the experiment with 3D printing technology at the 2nd level of primary school.
Anotace závěrečné práce	Téma diplomové práce je zaměřeno na didaktické podmínky experimentálního přístupu s technologií 3D tisku ve výuce žáků 2. stupně základního vzdělávání. Práce se hlouběji zabývá didaktickou teorií a aplikuje ji na návrh metodického materiálu určeného pro učitele, sloužící podpoře experimentálního učení žáků. Součástí práce je i evaluace tohoto materiálu s cílem zhodnotit jeho podobu, strukturu a přínos v kontextu vzdělávacího procesu.
Anotace závěrečné práce v angličtině	The topic of this thesis is focused on the didactic conditions of the experimental approach with 3D printing technology in the lessons of the pupils of the 2nd level of primary education. This thesis goes deeper into the didactic theory and applies it to a draft of methodological material designed for teachers to support the experimental learning of pupils. This thesis includes an evaluation of this draft in order to assess its form, structure and contribution in the context of the educational process.
Klíčová slova	Obecná didaktika, oborová didaktika, vzdělávání, výuka, návrh, metodický materiál, příručka, experiment, technika, 3D tisk, materiálové zkušebnictví.
Klíčová slova v angličtině	General didactics, specialized didactics, education, teaching, draft, methodological material, manual, experiment, technique, 3D printing, material testing.
Přílohy vázané k práci	0 příloh
Rozsah práce	78 stran (131 280 znaků)
Jazyk práce	Čeština