

Univerzita Hradec Králové
Pedagogická fakulta
Katedra technických předmětů

**TVORBA A VYUŽITÍ „GOLDBERGOVSKÝCH
MECHANISMŮ“ - RUBE GOLDBERG**

Bakalářská práce

Autor:	Anna Vítvarová
Studijní program:	B7507 - Specializace v pedagogice
Studijní obor:	Základy techniky se zaměřením na vzdělávání Výtvarná tvorba se zaměřením na vzdělávání
Vedoucí práce:	doc. Mgr. et Mgr. Marie Hubálovská, Ph.D.



Zadání bakalářské práce

Autor: Anna Vitvarová

Studium: P18P0342

Studijní program: B7507 Specializace v pedagogice

Studijní obor: Výtvarná tvorba se zaměřením na vzdělávání, Základy techniky se zaměřením na vzdělávání

Název bakalářské práce: Tvorba a využití "goldbergovských" mechanismů

Název bakalářské práce AJ: Creation and use of "Goldberg" mechanisms

Cíl, metody, literatura, předpoklady:

V této bakalářské práci se zaměřuji na mechanismy, jejichž vynálezce je umělec a inženýr Rube Goldberg. Jsou zde uvedeny principy, techniky a postupy využívané při praktickém ztvárnění samostatného stroje. Práce zmiňuje i život Rube Goldberga a okolnosti, které vedly k vynalezení samostatných mechanismů. Bakalářská práce také popisuje využití "goldbergovských" mechanismů ve výuce. V praktické části bakalářské práce budou popsány realizace vlastních samostatných mechanismů.

KIM, Yilip a Namje PARK. Development and Application of STEAM Teaching Model Based on the Rube Goldberg's Invention. Computer Science and its Applications [online]. Dordrecht: Springer Netherlands, 2012, 2012-10-19, , 693-698 [cit. 2020-02-19]. Lecture Notes in Electrical Engineering. DOI: 10.1007/978-94-007-5699-1_70. ISBN 978-94-007-5698-4. Dostupné z: http://link.springer.com/10.1007/978-94-007-5699-1_70 PIERSON, Hazel M. a Daniel H. SUCHORA. The Rube Goldberg Three-Minute Timer: A Design Based Learning Tool For Engineering Freshman [online]. 2002 [cit. 2020-02-19]. Youngstown State University, Youngstown, OH 44555. KIM, Yilip a Namje PARK. Elementary Education of Creativity Improvement Using Rube Goldberg's Invention. Information Technology Convergence, Secure and Trust Computing, and Data Management [online]. Dordrecht: Springer Netherlands, 2012, 2012, , 257-263 [cit. 2020-02-19]. Lecture Notes in Electrical Engineering. DOI: 10.1007/978-94-007-5083-8_32. ISBN 978-94-007-5082-1. Dostupné z: http://link.springer.com/10.1007/978-94-007-5083-8_32 WOLFE, Maynard Frank. Rube Goldberg: Inventions. 1. United States of America: SIMON&SCHUSTER, 2000. ISBN 00-055612. KIM, Yilip a Namje PARK. The Effect of STEAM Education on Elementary School Student's Creativity Improvement. Computer Applications for Security, Control and System Engineering[online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012, 2012, , 115-121 [cit. 2020-02-19]. Communications in Computer and Information Science. DOI: 10.1007/978-3-642-35264-5_16. ISBN 978-3-642-35263-8. Dostupné z: http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-35264-5_16

Zadávací pracoviště: Katedra technických předmětů,
Pedagogická fakulta

Vedoucí práce: doc. Mgr. et Mgr. Marie Hubálovská, Ph.D.

Oponent: Mgr. Štěpán Major, Ph.D.

Datum zadání závěrečné práce: 30.4.2019

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou závěrečnou práci „Tvorba a využití „goldbergovských“ mechanismů“ vypracovala pod vedením vedoucí závěrečné práce a uvedla jsem všechny použité prameny a literaturu.

V Hradci Králové dne

Poděkování:

Děkuji vedoucí bakalářské práce doc. Mgr. et Mgr. Marii Hubálovské, Ph.D. za odborné vedení a poskytnutí cenných rad při zpracování bakalářské práce.

Dále také děkuji panu Mgr. Štěpánu Majorovi, Ph.D. za odbornou pomoc s kapitolou o fyzikálních principech. V neposlední řadě děkuji všem respondentům, kteří mi poskytli potřebné informace.

Citace

VITVAROVÁ, Anna. Tvorba a využití "goldbergovských mechanismů": Rube Goldberg. Hradec Králové, 2022. Bakalářská práce. Univerzita Hradec Králové. Vedoucí práce Doc. Mgr. et Mgr. Marie Hubálovská, Ph.D.

Anotace

V této bakalářské práci se zaměřuji na mechanismy, jejíž vynálezcem je umělec a inženýr Rube Goldberg. Jsou zde uvedeny principy, techniky a postupy využívané při praktickém ztvárnění samochodného stroje. Práce zmiňuje i život Rube Goldberga a okolnosti, které vedly k vynalezení samoučelných mechanismů. V praktické části bakalářské práce je popsána realizace vlastního samochodného mechanismu.

Klíčová slova: Rube Goldberg, mechanismus, stroj, vynález, inženýrství, umění

References

VITVAROVÁ, Anna. Creation and utilization of "Goldberg mechanisms": Rube Goldberg. Hradec Králové, 2022. Bachelor Degree Thesis. University of Hradec Králové. Supervisor Doc. Mgr. et Mgr. Marie Hubálovská, Ph.D.

Annotation

In this bachelor's thesis I focus on a mechanism whose inventor is the artist and engineer Rube Goldberg. The principles, techniques and procedures used in the practical creation of the automatic machine are introduced here. The thesis also mentions the life of Rube Goldberg and the facts that led to the invention of self-propelled mechanisms. In the practical part of the bachelor thesis is described the realization of the my own automatic mechanism.

Keywords: Rube Goldberg, mechanism, machine, invention, engineering, art

Prohlášení

Prohlašuji, že bakalářská práce je uložena v souladu s rektorským výnosem č. 1/2013
(Řád pro nakládání se školními a některými jinými autorskými díly na UHK).

Datum:

Podpis:

Obsah

Seznam obrázků	9
Úvod	10
1.Rube Goldberg	11
1.2.Rube Goldberg Inc.	11
2. Goldbergovy mechanismy	15
2.1.Tvorba „goldbergovských mechanismů“	16
2.1.1 Rozvoj dovedností tvůrce	17
2.2. Popis vlastní tvorby mechanismu	19
2.3. „Goldbergovské mechanismy“ v současném umění.....	21
3. Fyzikální principy využívané při tvorbě mechanismů	24
3.1. Newtonovy pohybové zákony.....	24
3.1.1. První Newtonův pohybový zákon	24
3.1.2. Druhý Newtonův pohybový zákon	25
3.1.3. Třetí Newtonův pohybový zákon	27
3.2.Síly.....	29
3.3.Tření	30
3.4. Práce a energie	31
3.5. Nakloněné roviny.....	34
3.6. Páky.....	36
4. Pilotní studie na téma „goldbergovy mechanismy“	39
Závěr	42
Seznam použité literatury	44

Seznam obrázků

<i>Obr. 1 Ukázka webové stránky Rube Goldberga.....</i>	<i>12</i>
<i>Obr. 2 Ukázka karikatury mechanismu s názvem „Self–Operating Napkin“ od Rube Goldberga.....</i>	<i>16</i>
<i>Obr. 3 Příklad zákona setrvačnosti využitého při tvorbě mechanismu.....</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 4 Příklad zákona síly využitého při tvorbě mechanismu.....</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 5 Příklad zákona akce a reakce využitého při tvorbě mechanismu</i>	<i>28</i>
<i>Obr. 6 Příklad využití síly při tvorbě mechanismu</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 7 Příklad využití tření při tvorbě mechanismu.....</i>	<i>30</i>
<i>Obr. 9 Příklad kinetické energie využitě při tvorbě mechanismu</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 10 Příklad využití nakloněné roviny při tvorbě mechanismu.....</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 11 Příklad využití principu páky při tvorbě mechanismu.....</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 12 Příklad využití principu páky při tvorbě mechanismu.....</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 13 Koláčový graf s odpověďmi na otázku „Znáte jméno Rube Goldberga?“</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 14 Koláčový graf s odpověďmi na otázku „Slyšeli jste někdy o pojmu „goldbergovy mechanismy“?“</i>	<i>40</i>

Úvod

Již před tisíci lety, když Egypťané stavěli pyramidy, údajně používali nakloněné roviny, aby vytlačili obrovské kameny nahoru na své stavby. Do-dnes i my využíváme tento a více fyzikálních principů k ušetření práce. Když je řeč o ušetření práce, proč netrávit svůj čas kutilstvím se zbytečně složitým, nepraktickým a důmyslným aparátem na úkony, které jsou samy o sobě jednoduché? Ve spletitých mechanismech je neustálé napětí, protože nikdy nevíme, který pokus se konečně zdaří. Mnoha lidem může připadat fascinující, pohled na obyčejné předměty láskyplně tlačené do neobvyklých formací a interakcí s jinými objekty. Možná je to důvod, proč inženýrské dobrodružství podstupují odhodlaní jedinci.

Vynálezcem této volnočasové aktivity je inženýr a umělec Rube Goldberg, který byl od mala veden ke kariéře inženýra. Jeho umělecká duše bujala a nenechala se od svého osudu odradit. Díky tomu začala vznikat výtvarná díla technického charakteru, která inspirovala lidstvo a snad všechna umělecká odvětví. Tvorba Rube Goldberga, která začala u karikatur, se v dnešní době obtiskla do poezie, reklamního odvětví, hudby, soutěží ve zručnosti, teologie, sociálních sítí a mnoho dalšího. Do dnešního dne je aktivní nezisková organizace Rube Goldberg Inc., která podporuje vzdělávání a rozvíjení tvořivosti všech věkových kategorií. Každoročně pořádají různé druhy soutěží, do kterých se může přihlásit jakýkoliv jedinec či skupina zájemců. Osobně výzvu vytvořit mechanismus inspirovaný tvorbou Rube Goldberga samozřejmě přijímám. V kapitole „Popis vlastní tvorby mechanismu“ upřímně a bez ostychu zaznamenávám proces se všemi pocity, které s sebou sestrojování samochodného stroje přináší.

Součástí mé bakalářské práce je pilotní průzkum, díky kterému chci zjistit, jaké je povědomí o „goldbergovských mechanismech“ v pedagogické sféře v České republice. Předem tuším, že se jedná o pojem neznámý. I přes to mě zajímá, zda se můj odhad potvrdí či vyvrátí. Pokud by se můj předpoklad potvrdil, motivovalo by mě to dále pokračovat a rozvíjet toto téma, protože při tvorbě může účastník košatit svou dovednost a obratnost. Zároveň „goldbergovské mechanismy“ pomáhají zlepšovat funkce, které se s příchodem moderních technologií vytrácí.

1. Rube Goldberg

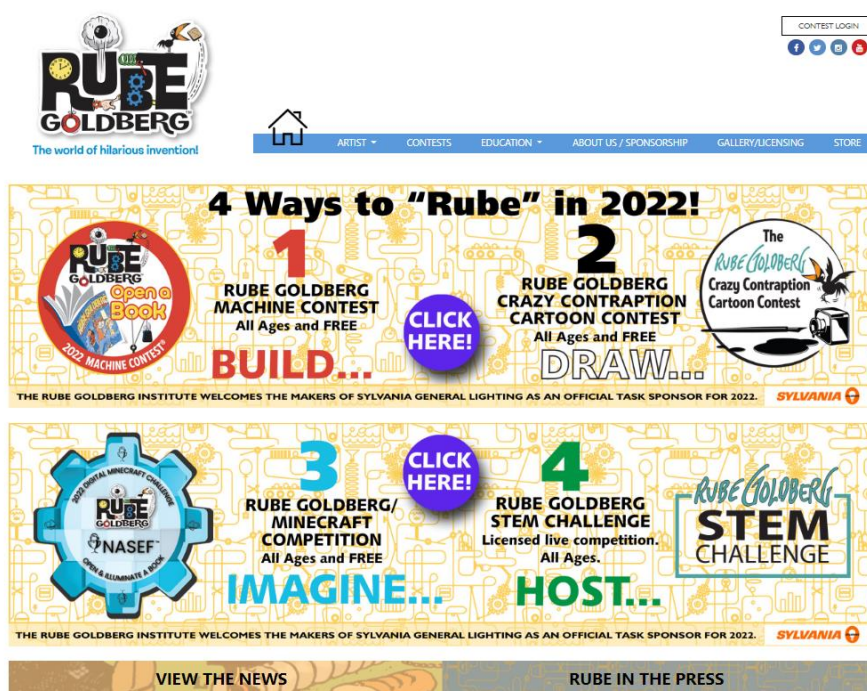
Celým jménem Reuben Lucius Goldberg, ale všem je znám jako Rube Goldberg. Narodil se 4.července v San Francisku v Californii. První mechanismus vytvořený podle ilustrací Rube Goldberga se zúčastnil soutěže v roce 1949, která se konala na Purdue University v Indii. 7.prosince 1970 Rube Goldberg zemřel a zanechal po sobě dědictví humoru a „vynálezů“, které slouží jako inspirace při vytváření bláznivých mechanismů. Po jeho smrti v roce 1988 byla soutěž s mechanismy pomocí rodiny Goldbergových oživena a stává se každoročně opakovanou událostí. Dodnes má zásluhu hlubokého vlivu na způsob, jakým miliony lidí přemýšlí o inženýrství. Díky jeho zásluze se začalo mnoho lidí zajímat o mechanismy. Rube Goldberg propadl umění velmi mladý a v osmi letech se jeho zájem rozšířil ve vášeň. Miloval vytváření perokreseb a obkreslování obrázků z novin a časopisů. Jeho otec nebyl příliš nadšený synovým zájmem o umění, dotlačil ho na vysokou školu, aby se stal inženýrem. Přál si mít syna, který používá matematiku, vědu a kreativitu k řešení problémů a budování věcí.

Rube Goldberg vystudoval UC Berkeley a v roce 1904 ukončil studium s inženýrským titulem. Poté pracoval pro Vodní a kanalizační oddělení města San Franciscos při navrhování potrubního systému nazývaného „the City of San Franciscos Water and Sewer Department designing pipe system“. Po pouhých šesti měsících odešel a začal pracovat pro noviny ve stejném městě. Zatímco tam byl, předkládal redakcím novin karikatury a kresby v naději, že budou zveřejněny, ale Goldberg často nacházel své karikatury v odpadkovém koši editorů. Jednoho dne dostal šanci skicovat sportovce pro sportovní sekci. Zaměstnanci novin brzy zjistili, že prodali více novin, když obsahovaly Goldbergových obrázků. Jakmile začali vydavatelé tisknout noviny s barevnými obrázky, měl konečně Rube Goldberg místo pro své karikatury a jeho výtvarná kariéra započala. Nakonec se přestěhoval přes celou zemi do města New York. Tam se jeho práce karikaturisty stala ještě populárnější a stal se slavným. [1, 2]

1.2.Rube Goldberg Inc.

Rube Goldberg zemřel v roce 1970, ale jeho jméno a odkaz žijí dál. Nejenže „vynálezy“ Rube Goldberga stále rozesmějí lidi, ale dodnes existuje nezisková společnost Rube Goldberg Inc., která propaguje STEM (zkratka, která obsahuje vědu, technologii, inženýrství a matematiku) a STEAM (STEAM je STEM s přidaným uměním) vzdělávání

pro děti všech věkových kategorií (obr.1). Dále je stále udržována online galerie, kde si návštěvníci mohou užít velkou část Goldbergových prací. Konají se zde putovní výstavy umění Rube Goldberga a dětská výstava Svět veselých vynálezů (s originálním názvem „the World of Hilarious Inventions“). Rube Goldberg Inc. má vzdělávací materiály, které přinášejí užitek z inženýrských zařízení a mechanismů Rube Goldberga do školních tříd a domácností po celém světě.[1, 3]



Obr. 1 Ukázka webové stránky Rube Goldberga – rozdělení do čtyř kategorií[3]

Přestože R. Goldberg nikdy nepostavil žádný z mechanismů, které navrhl, byl inspirací pro inženýry všech věkových kategorií. V roce 1949 zahájili dva vysokoškoláci na Purdue University soutěž o to, kdo dokáže postavit nejlepší mechanismus podle Rube Goldberga. Soutěž se konala každý rok až do roku 1955. V roce 1988 se za podpory rodiny Goldbergů, se organizovala první oficiální živá soutěž strojů Rube Goldberga. Tato soutěž byla vytvořena výhradně pro vysokoškolské studenty. O několik let později, v roce 1996, byla soutěž rozšířena pro další věkovou skupinu od 14 do 18 let. Nyní existují i kategorie pro studenty ve věku 8 až 11 a 11 až 14 let.

Každoroční soutěž přináší pokaždé nový úkol. Minulé úkoly zahrnovaly například opékání krajíce chleba, sestavení hamburgeru či ovinutí obvazu. Soutěž vybízí účastníky, aby našli inspiraci ve strojích Rube Goldberga a aby vytvořili své vlastní stroje, které splní jednoduchý úkol tím nejkomplikovanějším a nejzábavnějším možným způsobem. Soutěž vyžaduje kreativní řešení problémů, vědu, týmovou práci a v neposlední řadě i smysl pro humor. Každoroční studentské soutěže sponzorované Rube Goldberg Inc. jsou přístupné pro zájemce i online formou.[1, 3]

Na webové stránce <https://www.rubegoldberg.com/> s názvem Rube Goldberg a podtitulkem přeloženým jako „Svět veselých vynálezů!“ se nám nabízí rozkliknout přihlášku do soutěže „Soutěž o stroj Rube Goldberga 2022“. Všechny informace jsou zde uvedeny v angličtině. Po rozkliknutí nás jako první přivítají s požadavkem přečtení elektronické knihy a přiložením osobního emailu. V následujícím kroku se nachází 4 varianty, kterými se může váš mechanismus stát výherním. U každého rámečku si můžeme rozkliknout podrobnější informace k danému odvětví a nasměrují nás k registraci.

První soutěž se nazývá „Uspořádejte svou vlastní živou výzvu školního roku“ a po rozkliknutí této možnosti se nám zobrazí nabídka, že nám Rube Goldberg Inc. pomůže zorganizovat, propagovat a naplánovat naši vlastní školní soutěž. Je povolena maximální účast deseti týmů a mají již předem vytvořená pravidla, kterými se soutěž řídí. Následuje registrace, a po vyplnění kontaktních údajů budou na email zaslané související dokumenty. Druhé pole „Bezplatná virtuální výzva RG“ je mířena na jakékoliv jednotlivce či skupiny, které sestaví svůj vlastní mechanismus. Přihlášky se přijímají do května každého roku. Nezáleží na věku zájemce, přihlásit se může kdokoli. „Bezplatná digitální výzva RGM v Minecraftu“ je soutěž pro žáky v rozmezí od 7 do 17 let. Sem se smí přihlásit ti, kteří vytvořili svůj zábavný mechanismus v populární počítačové hře Minecraft upravené verzi pro práci v edukačních zařízeních nazývanou „Minecraft Education Edition“. Každý rok se určí úkol, který musí vytvořený mechanismus splnit. V roce 2022 se zvolilo zakončení otevřením knihy, na kterou se posvítí. Opět je možné pracovat jako jedinec i ve skupině. Poslední obdélník, nazývaný se „šílené karikatury mechanismů Rube Goldberga“ nás odkáže na stránku, kde se může opět kdokoli přihlásit a soutěžit s vlastním návrhem karikatury mechanismu podle Rube Goldberga. Návrh by měl být originální, vtipný, nápaditý a proveditelný. Opět organizace Rube Goldberg Inc.

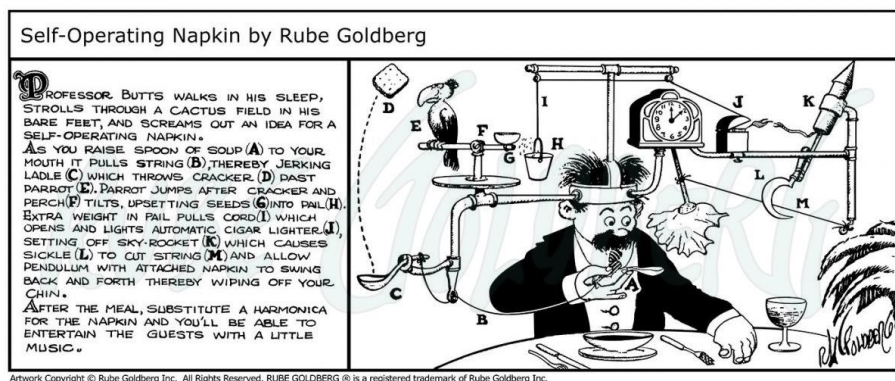
zadá úkol, který má nakreslený mechanismus splnit. Například v roce 2021 se měl mechanismus dostat k bodu, kdy zatřepe krabičkou bonbonů a vysype ji. Všechny odvětví zmíněné soutěže se konají jednou ročně.[1–3]

2. Goldbergovy mechanismy

Mechanismy obecně slouží k přenosu silového zatížení a pohybu z hnacího členu na člen hnaný, ke změně rychlosti tohoto pohybu, popř. k jeho transformaci na jiný druh pohybu. Goldbergův mechanismus je to čím nazýváme činnosti, které zahrnují vytvoření řady řetězových reakcí k provedení konkrétního úkolu. Zároveň by to měl být úkol takový, který by bylo mnohem snazší udělat jednoduše oběma rukama, ale jenž nakonec bude velmi zábavný, pokud pro tento úkol navrhne dlouhý spleť mechanismus.

Goldberg byl skvělý karikaturista, ale stal se známým díky propracovaným, zbytečně komplikovaným, veselým a bláznivým mechanismům, které kreslil. Tyto vychytávky byly extrémně komplikované řetězové reakce, které nakonec prováděly velmi jednoduché úkoly. Některé z jeho šílených zařízení zahrnují automatický škrabák na záda, budík, samootevírací deštník, „zjednodušené“ ořezávatko nebo plácačku na mouchy. Vytvořil také lis na pomeranče, na čerstvý pomerančový džus po ránu a měl dokonce propracovaný plán, jak vytáhnout olivu ze sklenice. Vychytávky, které Rube Goldberg vymyslel, byly zábavné nejen proto, že byly tak spleť ale také proto, že často obsahovaly neobvyklé části. V návrzích používal také zvířata. Dále využíval pružiny, kladky a jiné jednoduché stroje, rakety, pera, tající led, eskalátory, oheň, katapulty a jiné prostředky.

Jednou z jeho nejznámějších výtvorů byl samočinný ubrousek s původním názvem „Self-Operating Napkin“ (obr.2.). Tato karikatura zahrnovala katapultující sušenku, papouška, zapálení odpalovací rakety, srp a kyvadlo s připojeným ubrouskem, který se houpal sem a tam přes obličej strážníka. Umělec dokonce doporučil po večeři vyměnit ubrousek za harmoniku jakožto možnou obměnu funkce. Jeho výmysly byly absurdní a lidé je milovali. Zajímavostí je, že Rube Goldberg ve skutečnosti nepostavil žádný z konceptů, které nakreslil. V jeho práci je však evidentní jeho inženýrská mysl. Každý stroj, který vytvořil, používal skutečné inženýrské koncepty a byl navržen tak, aby skutečně fungoval. A to i přes skutečnost, že mechanismy kreslil, aby lidi jednoduše rozesmál.[1, 2]



Obr. 2 Ukázka karikatury mechanismu s názvem „Self-Operating Napkin“ od Rube Goldberga–jednotlivé úkony jsou označeny písmeny a popsány na levé straně[2]

Když se podíváme na jednu z kreseb vynálezů Rube Goldberga, uvidíme, že ve výkresu jsou jako popisky použita písmena. Vedle výkresu je napsaný přesný předpokládaný popis řetězové reakce. Každé písmeno ukazuje, že přenos energie může mít ve fyzice mnoho různých forem. Ve strojích Rube Goldberga to znamená pohyb energie z jedné části řetězové reakce do další. Hlavním principem zde je, že jakmile by se každodenní předměty na jeho kresbách daly do pohybu, energie by se přenášela celým vynálezem, aby v konečném výsledku vykonala jednoduchý úkol. Dalším důležitým aspektem strojů R. Goldberga je použití jednoduchých mechanismů. Každý z těchto mechanismů na sebe vzájemně působí, aby udržely řetězovou reakci v chodu. Například u samoobslužného ubrousku je naběračka, která hází sušenku papouškovi formou páky. A provázek držící malý kbelík se semeny funguje na kladkovém systému. Když se stanete odborníkem na způsob uvažování Rube Goldberga, budete schopni na jeho kresbách odhalit jednoduché postupy a použít jeho principy ve svých vlastních mechanismech. Goldberg také využíval své znalosti síly a gravitace, aby udržel objekty v pohybu. Údajně čerpal inspiraci z díla „Mouse Trap!“ (v překladu „Pastička na myši!“) vytvořeným Billem Wardem.[1, 2]

2.1.Tvorba „goldbergovských mechanismů“

Hlavním klíčem k tvorbě mechanismu je mít oči neustále otevřené, hledat jednoduché mechanismy ve svém okolí a kreslit si je do skicáku. Jako první krok si musíme určit, který problém budeme řešit a jakou aktivitu budeme vykonávat. Další důležitou součástí tvorby Goldbergových mechanismů je představivost, bez ní nelze

stavět ani vytvářet. Během tvorby se doporučuje udržovat nepořádek. Nepořádností se dá také tvořit pomocí náhody. Neustále mějme na mysli, že mechanismus může kdykoliv selhat. V nejlepším případě se můžeme pokusit využít své selhání, udělat z něj přednost a upravit podle něj své prvotní plány. V případě, že se zasekneme a ocitneme se v bezvýchodné situaci, zeptejme sami sebe na otázku „proč?“ a pokusme se to opravit či změnit. Toto zadání je adekvátní pro práci ve skupinách a k stmelování kolektivu. Uvažovat co nejabsurdněji nikdy není na škodu, ale začneme postupovat od lehkého a přejdeme k nejsložitějším. Přidáním dalších prvků do mechanismu se zvyšuje šance, že mechanismus nebude fungovat na první pokus, ale součástí spokojenosti se stavbou mechanismu, je držet se ho, dokud nebude fungovat.

Proces tvorby by měl začínat identifikací. Doporučuje se započít tvorbu uvažování od řešení problému neboli od konce. Následujícím krokem je takzvaný brainstorming (generace nápadů). Během tohoto kroku se snažíme sepsat možná řešení a nápady do zásoby, které můžeme využívat během sestavování mechanismů. Pokračujeme tvorbou plánu technikou skicování. Zachycujeme náš postup podle dostupného materiálu krok za krokem. Na základě nakresleného plánu stavíme mechanismus krok za krokem. Stavbu střídáme s fází testování. Je nutností průběžně zkoušet funkčnost jednotlivých částí. Na konec už stačí jen vyhodnotit svou práci formou reflexe. Můžeme si pokládat otázky typu: Jak dobře mechanismus fungoval? Fungovalo to jako jsme si představovali? Dostali jsme se k na začátku zvolenému cíli? Pokud na některou z otázek musíme odpovědět negativně, není problém přidat bonusový krok nazývaným předělávání. Pokud dostaneme nový nápad, vše nefunguje, jak si přejeme, některá fáze narušuje celý mechanismus či jiná nespokojenost s výsledkem, můžeme kdykoliv zasáhnout a obnovit i jen určitou problematickou část. Pro takové případy máme po ruce již vytvořený brainstorming, kde se můžeme nechat inspirovat.

2.1.1 Rozvoj dovedností tvůrce

Myslím si, že mnoho dospělých se rádo vrací k dětským vzpomínkám a probouzí své dovádivé myšlenky, které mají mizivější hranice než myšlenky dospělých. Uvažování dospělých je více svázané přemýšlením o následcích, o bezpečném zacházení, o produktivním využívání času a dalších fantazii utlačujících spekulací. Když se odhodláme k oproštění některých těchto myšlenek, je možné vrátit se zpět do dětských let, kdy nám stačilo jít ven s kamarády a vytvořili jsme si v hlavách dobrodružné příběhy

plné nástrah jen z přírodnin, které jsme okolo sebe našli a dotvořily svými bujnými představami. Dle mého názoru, jsou dnešní děti přehlcené vizuálními dojmy a jejich fantazie je upozaděna. Hračky jsou barevné, detailní, s magickými efekty. Televizní pohádky jsou vytvářené oku téměř realistickou formou, které nám nevěnují volné pole pro domýšlení. Vrátit se zpátky ke klasickým hračkám a předmětům s běžným dekorem je pro můj mozek osvobozující. Fantazii během tvorby mechanismů procvičujeme při vymýšlení jednotlivých úseků a jejich návazností. Především ji zapojíme pro vymyšlení kreativního banálního zakončení, které je pro tyto mechanismy zásadní. Později musíme samozřejmě tohoto cíle dosáhnout. I jednotlivé podsystémy potřebují zapojit představivost, a když některý navržený princip nefunguje, je nutnost přehodnotit předchozí úvahu a upravit její podobu v tomto úseku. S tím vším je spojená schopnost předpokládat reakci navržené akce. Když sestrojíme princip, který nemáme ověřený, nejdříve si v hlavě vytvoříme soubor reakcí. Po ověření reálným pokusem se naše sbírka reakcí zúží a my si lépe odvodíme fyzikální principy obsažené v tomto systému.

Přestat si hrát s tradičními hračkami, je podle mě, rizikové i v úpadku fyzických zdatností. S příchodem elektronických zařízení viz telefony, tablety, počítače, se dětem prokazatelně zhoršuje fyzická gramotnost. Při stavění mechanismů jsem si připomněla, jak zakrnělá má motorika rukou je. Například u stavění domina je podstatou být jemný a přesný. Když se ohlédnu, vybavuji si, jak zbrkle a neomaleně jsem s kostičkami zacházela. Stavěla jsem jeden díl mechanismu na několikátý pokus. S mnoha a mnoha nasbíranými pokusy jsem si začala uvědomovat, jak jednotlivé kostičky pokládat, aby efekt splňoval můj cíl. Navíc, každá kostička je originální, a jelikož jsou často vyráběné ze dřeva, může dojít k jejich jemné deformaci. Po věnování svého času a trpělivosti jsem se naučila pracovat s každou kostičkou jako s originálem, který má vlastní požadavky pro udržení rovnováhy. S opakovanými pokusy přichází také zkouška trpělivosti. Jsem vděčná, že bývá v mnoha případech doprovázená chutí pokračovat a dokončit svůj mechanismus až do cíle. Ze začátku nepočítáme s tím, že se to nepovede hned napoprvé. Ani na podruhé. Mě čekalo 198 pokusů, než můj mechanismus fungoval podle mých představ. Po celou dobu budování mi pomáhala myšlenka, že nikdy nevíme, který pokus je ten poslední. Každému pokusu věnujeme maximum své pozornosti, protože nikdy nevíme, který bude tím osudným. Také myšlenka, že pokud teď svou práci ukončíme, zahodíme veškerý čas strávený s tvorbou. Víím, ve skutečnosti to není pravda, protože jste

si procvičili minimálně uvažování, fantazii, trpělivost a motoriku rukou, ale je to myšlenka hnací pohon dokončit započaté.[4–6]

Dále si cením zapracování na schopnosti práce s chybou. Při opakovaném nepovedeném pokusu je důležité se zaměřit na původ pochybení a najít jinou cestu k dosažení cíle. Tímto způsobem hledejme a vynalézejme jiná řešení, která splní stanovený záměr. Může se stát, že nastane neočekávaná chyba, kterou můžeme v mechanismu uplatnit. Chybovat neznamena jen neúspěch, ale také příležitost využít nepředpokládaného k tvorbě nové originální cesty. Tvůrce se může setkat se situací, kdy jeho skvělý a nápaditý výmysl je spíše nesmysl. Objevila jsem jeden z mých prvních emailů mířený paní docentce Marii Hubálovské, kde vypisuji své bujaré nápady o sestavování mechanismu pouze z jedlých objektů a nebo tvorbu mechanismu, který by obsahoval pneumatiky, staré televizní obrazovky, bowlingové koule a bude spouštěn bagrem. Ted' se tomu směju, ale příjemným zrcadlem mi byli mí přátelé, kteří se chtěli účastnit stavění mechanismů. Když se přidali do mého zaběhlého procesu tvorby, začali přicházet s nerealizovatelnými nápady a já si nebyla jistá, jestli to myslí vážně, či se jedná o žert. Mysleli to vážně, protože já jsem byla o mnoho zmařených pokusů napřed a viděla jsem situaci čistěji. Pochválila jsem je za originální myšlenku, ale později jsme se ji snažili společnými silami upravit do uskutečnitelné podoby. Tím chci říct, že je dobré se naučit vědět, kdy je potřeba svůj skvělý a originální nápad zanechat pro úspěch celku.[1, 7–9]

2.2. Popis vlastní tvorby mechanismu

Mým prvním krokem bylo shánění materiálu. Na internetu jsem se poptala po dominu, které již majitele omrzelo. V charitativním obchodě jsem objevila dřevěné dětské hrací kostky a po bazarových kamenných obchodech jsem sbírala zbylé drobnosti, jako například hrací karty, golfové míčky a kovové kuličky. V neposlední řadě jsem použila materiál, který jsem měla po ruce. Ze svého pokojíčku jsem využila například skateboard, knihy nebo balící papír. Z kuchyňských šuplíků jsem si zapůjčila vidličky, lžíce a vařečku.

Před uplným zahájením sestavování mechanismů, jsem vyhledávala na internetu různá inspirativní videa s náměty k tvorbě. Snažila jsem se pochytit využití fyzikální principy i volený materiál a jejich funkce. Mé první pokusy spočívaly ve stavbě velmi

krátkých mechanismů pro ověření zda můj materiál reaguje v realitě stejně jako v mé hlavě. Tímto způsobem jsem si ověřila princip padání domina, zakomponování nakloněné roviny pro vytvoření větší energie, jak dostat pohyb do vyšších poloh a další. Následovala fáze navazování vyzkoušených principů. Zde se to začalo komplikovat. Opakováním stejné struktury mechanismu se postupně zlepšujeme v ovlivňování jeho přesnosti, ale při snaze dovedení struktury k dokonalosti investujeme mnoho času.

Na několik dní jsem se „zasekla“ na opakovaném zkoušení stejných jednoduchých na sebe navazujících mechanismů. To mě později omrzelo a opět jsem více experimentovala. Začala jsem využívat složitější materiál, jako například přístroje a nitě. Znovu jsem se věnovala základním mechanismům a vynechala jsem komplikování jejich napojováním. Takto jsem si vytvořila spektrum mechanismů, ve kterém jsem si mohla vybírat ten, který se zrovna hodí k mému touženému úkonu.

Abych k mému upřímnému vyjádření přidala, nebavilo mě kostičky vždy uklízet, třídít zpátky do krabiček či pytlíků a uklízet je zpátky na určené místo. Jednoho dne jsem se rozhodla, že si je nechám vytažené a tím začal můj nejrozsáhlejší tvořící proces. Vytvořila jsem nejdříve poměrně základní na sebe navazující mechanismus, který obsahoval jednoduché řešení, bez velkých rizik neúspěchu. Tuto část mechanismu jsem nechala na místě mu vytvořeném a začala přidávat rozšíření do stran. Nejdříve jsem začala přidávat směrem k začátku, kde se mechanismu spouští. Postupně jsem obměňovala materiál (golgový míček za hopík, dřevěné domino za plastové apod.). Když se mi podařilo spustit mechanismus i s prodloužením až do konce bez pochybení, opět jsem přidala další rozšíření. Tento postup jsem stále opakovala. Jelikož mě přestalo bavit stále jen dokola stavět domino, které tvořilo většinu základního středového mechanismu, začala jsem využívat odvážnější materiál. Skateboard jsem využila jako nakloněnou rovinu s překážkovou dráhou pro kuličku, roli balícího papíru jsem napojila pro sílu nabírající dráhu, izolepa byla zablokována překážkou, ale po jejím spuštění srazila těžiště vidličkového domina, které při pádu jedné vidličky postupovalo dominovým efektem.

Protože se v okolí této dráhy začal tvořit nános prachu, rozhodla jsem se, že je na čase mechanismu dodat jeho závěrečný smysl. V hlavě jsem nápadů na zakončení nosila několik. Hlavní téma znělo snídaně. Nechala jsem se inspirovat obsahem v lednici a zvolila několik plátků salámu Vysočina s rohlíkem. Materiál byl vybrán a následovalo

vynalézání postupu, jak by se mohly tyto ingredience propojit. V mé představě se řada salámu přitiskne přesně na vrch rohlíku. Zapojila jsem svůj prádelní koš, kde byl na vrcholku umístěn salám, protože mi to přišlo jako nejsnazší způsob, jak salám dostat na určené místo. Byl položen na vidličce, kterou převažovala kostička domina. Po pádu této kostičky byla vidlička se salámem převážena směrem dolů, ale zabezpečila jsem ji od pádu přivázáním k prádelnímu koši. S rohlíkem jsem si tolik hlavu nelámala. Postavila jsem ho na nakloněnou rovinu a při lehkém nárazu se skutálel na talíř.

Zbývalo jen napojit tyto podmechanismy k celku. Ve vidličkovém dominu jsem rozdvojila jeho funkci a bylo spouštěčem jak pro rohlík, tak pro salám. O jednu nosnou vidličku byla opřená lžice, která svým pohybem způsobila pád balíčku karet, na který byl napojen mechanismus domina vytvořený na vrcholku prádelního koše. Zatímco jiná vidlička dělala podporu vařečky, o kterou bylo opřené autíčko, které pomocí nárazu shodilo rohlík na talíř. Může se zdát, že mechanismus je u konce, ale bohužel následovalo ještě mnoho práce. Během času, kdy jsem se zaměřovala na cílovou část, se jiné podsystemy zdeformovaly a potřebovaly opravu. Odpracovala jsem si mnoho pokusů, dokud se mi nepodařilo dostat obě ingredience na talíř. Mým vytouženým cílem bylo, aby salám spadl přesně na vrch rohlíku a byl připraven k zakousnutí. Na tvorbě mechanismu jsem pokračovala výměnou salámu za plátkový sýr Eidam. Bohužel, i po mnoha pokusech se mi nepodařilo vysněného zakončení dosáhnout. Po vyčerpání nápadů na inovaci jsem ustoupila ze svých vysokých nároků a spokojila se s výsledkem ingrediencí společně dopadlých na talíři a plynule bez chyby fungujícího mechanismu.

Dohromady jsem nad tvorbou tohoto mechanismu strávila v přepočtu 9 dní aktivním sestavováním. Dle video dokumentace jsem absolvovala přes 198 zmařených pokusů a stál v mém pokoji 13 dní a 12 nocí, protože ne každý den jsem měla náladu ve stavbě pokračovat.

2.3. „Goldbergovské mechanismy“ v současném umění

Světový rekord o nejdelší mechanismus postavený podle Rube Goldberga se skládá ze 427 kroků a byl dosažen autory Chevrolet Menlo, Wang Xiqi a Guan Jian ve městě Langfang. Všichni jsou obyvatelé Číny a vytvoření tohoto mechanismu trvalo autorům déle než 3 měsíce. Rekord je zapsaný k datu 24. září 2021.[10]

Firma 2D House zapůjčuje profesionální techniku pro fotografy a kameramany. Využili princip „goldbergovských mechanismů“ pro propagaci své firmy formou reklamy. Byla vysílána i v televizi a ve videu je využito dostupnosti velkého množství fotografického materiálu, který opět tvoří řetězec, pro vykonání úkonu vyfotografování portrétní fotografie a její tisk. Video bylo publikováno na YouTube v roce 2011 a dnes má dosah přes 7 milionů shlédnutí.[11]

Americká hudební skupina OK Go mi nasměrovala téma této bakalářské práce. Jejich hudbu poslouchám již několik let a přitažlivé mi přijdou zvláště jejich nápadité videoklipy. K písni „This Too Shall Pass“ vytvořili umělci video trvající 3 minuty a 53 vteřin, kde se odehrává spleť mechanismus inspirovaný Rube Goldbergem, jehož jméno je uvedeno v popisku videa. Video bylo natočeno ve dvoupatrovém skladišti ve čtvrti Echo Park v Los Angeles. Režiséry videoklipu jsou Damian Kulash a James Frost, oba jsou zároveň členy skupiny OK Go. Mechanismus začíná skromnými prostředky, které jsou s „goldbergovskými mechanismy“ běžně spojované, jako například padající domino, kuličky v drážkách a sklápějící se knihy. Během sledování mechanismu se začne rozvíjet spektrum použitého materiálu až vygraduje k masivním bowlingovým koulím, televizorům a dělům. Je také nutné podotknout, že toto video je natočené na jeden záběr a očividně se nezdařilo hned na první pokus, protože aktéři jsou zašpinění od finálního výstřelu barev. Natáčení na jeden záběr je specialita skupiny OK Go. V jiných videoklipech například hrají sedící v jedoucím automobilu míjejícím mnoho připevněných hudebních nástrojů podél jedoucí trasy a dotykem auta o hrací nástroje je píseň zahrána.[12]

Joseph Herscher je umělec, který vystupuje na sociálních sítích pod pseudonymem Josephs Machines. Nazývá se kinetický umělcem, který se specializuje na výrobu komických strojů s řetězovou reakcí. Svůj první stroj s názvem Lolly Machine, vyrobil, když mu bylo pět let. Řeší každodenní problémy pomocí známých předmětů, ale neznámým způsobem. Mechanismy vytváří ve svém studiu v Londýně ve Velké Británii, ale narodil se ve Spojených státech amerických. Jeho tvorba videí má širokou škálu zaměření. V jednom videu se dozvíme, jak uklidit, když nemáme dostatek času. Zde je mimo jiné předveden i uklízací oblek. S tímto oblekem zvládá utírat pažemi a hlavou prach, umývat skříň pasem i rukou a vysávat speciálními botami. Navíc má na zádech připevněný dávkovací systém, který při každém kroku spustí na podlahu pamlsky pro psa,

který nositele obleku pronásleduje s vytíracími návleky na nohách. V jiném videu používá elektrické stroje k jiným účelům, než ke kterým byli vyrobené. Například kotoučovou pilu využívá ke krájení zeleniny do salátu, robotický vysavač slouží pro roznášení občerstvení po celé ploše stolu a vrtačku pro rychlejší namotávání špaget na vidličku. Mým oblíbeným „goldbergovským mechanismem“ od Joseph Herschera je dílo nazvané „The Morning Routine Machine“. V tomto videu vytvořil proces ranní rutiny pro ženy o třech krocích, kterými jsou probuzení, namazání krému a nanesení make-upu. U tohoto videoklipu považuji za výrazně zajímavé ukázky pokusů, které ve finální verzi mechanismu neuplatnil. Je důležité znát, že omyl je součástí procesu a díky němu můžeme navyšovat své cíle.[13]

Koupila jsem si knihu „The Rube Goldberg Variations“ napsanou Leonardem A. Temmem. K mému překvapení je kniha poskládána z mnoha poetických konverzací, dialogů a reakcí. Autor sepsal básně, jako prostor pro sbližování nesourodých věcí a situací. V každém díle jsou výrazně odlišné způsoby vidění světa ve stejném rétorickém prostoru. Tyto básně jsou filozofické, hravé, radostné a hodí se k četnému pečlivému a pozornému čtení. Zde máme jasný důkaz, že Rube Goldberg ovlivnil svým dílem mimo jiné i odvětví literatury. Básně jsou pojmenované jako očíslované variace a v této sbírce jich můžeme naléznout 30. Častým tématem jsou příjemné prožitky, láska, touha i něžnost. Tyto emoce transformuje do pohybujících a na sebe vzájemně reagujících předmětů. Leonard Temme podobně jako Rube Goldberg pouze filozofuje ve své hlavě, ale reálné mechanismy nevytváří. Pokaždé jsou jeho variace podřízené fyzikálním zákonům, které jsou platné na naší planetě.[14]

Dále vlastní knihu s názvem „Rube Goldbergovy mechanismy - eseje z mormonské teologie“ inspirovanou Rube Goldbergem, ale nikoliv v poetickém duchu, nýbrž filozofickém. Autorem je teolog amerického původu Adam S. Miller, který se specializuje na mormonismus (náboženský směr vycházející z křesťanského prostředí). V tomto uměleckém díle nalezneme propojení smýšlení Rube Goldberga a náboženského uvažování. Autor srovnává smýšlení Rube Goldberga nad jeho mechanismy a lidským smyslem bytí.[15]

3. Fyzikální principy využívané při tvorbě mechanismů

V této kapitole se věnuji fyzikálním principům, které jsem uplatnila při tvorbě mechanismu a považuji je za důležité. Zmiňuji zde první Newtonův pohybový zákon setrvačnosti, druhý Newtonův zákon síly, třetí Newtonův zákon akce a reakce, využití sil, důsledky tření, aplikování práce a energie, použití nakloněných rovin a uplatnění páky k ozvláštnění chodu stroje.

3.1. Newtonovy pohybové zákony

Před objevením zákonů pohybu, které také můžeme nazývat zákony dynamiky, byly například pohyby planet lidem neodhaleným tajemstvím. Po příchodu anglického fyzika, matematika a astronoma sira Isaaca Newtona začaly být záhady objasňovány a lidé mohli začít chápat funkci i běžných předmětů, se kterými manipulovali, jako například kyvadlové hodiny.[16, 17]

3.1.1. První Newtonův pohybový zákon

Newtonův první pohybový zákon je z velké míry ovlivněn Galileovým principem setrvačnosti. Sir Isaac Newton si stejně jako Galileo Galilei kladl otázku: „Co nutí vesmírná tělesa ke stálému pohybu?“. Moc dobře si uvědomovali, že na tato tělesa nepůsobí vnější síla, která by byla viditelná. V dřívějších dobách si lidé vysvětlovali fyzikální jevy vlastními teoriemi. Například že slunce roztočilo nebeské spřežení, obr či jiné fantastické bytosti. Můžeme být vděční, že toto vysvětlení tehdejšími astronomům a fyzikům nestačilo, a tak báдали po dokazatelném objasnění pohybu těles.

První zákon formulovaný sirem Izákem Newtonem zní „Těleso setrvává v klidu nebo rovnoměrném přímočarém pohybu, není-li nuceno tento pohybový stav změnit vlivem vnějších sil, které na něj působí.“ Tento zákon popisuje objekty, které se nachází ve dvou odlišných situacích. Jedná se o objekty, které jsou v klidu (obr.3) a ty, které se pohybují přímo neměnnou rychlostí. Newton pozoroval, že objekty v obou situacích změni svou rychlost pouze tehdy, když na ně působí vnější síla. O objektu, který je vystaven působení vnějších sil, jejichž výslednice je nulová, se říká, že je v mechanické rovnováze. Newtonův první zákon předpokládá, že ve stavu mechanické rovnováhy se nalézají nejen tělesa v klidu, ale i ta tělesa, jež se pohybují přímočaře s konstantní

rychlostí. Tato tělesa tedy setrvávají ve svém pohybovém stavu, a proto bývá tento zákon označován jako zákon setrvačnosti.[16–18]



Obr. 3 Příklad zákona setrvačnosti využitého při tvorbě mechanismu–váleček se momentálně nachází v mechanické rovnováze, ale pokud na něj začne působit vnější síla, změní svou rychlost

3.1.2. Druhý Newtonův pohybový zákon

Druhý Newtonův zákon, neboli zákon síly, si dokážeme představit pomocí autíčka a fénu. Pokud bude na autíčko působit větší síla (z fénu), udělí mu větší zrychlení. V případě stejně velké působící síly, se bude autíčko s nákladem rozjíždět pomaleji, než autíčko bez nákladu. Zrychlení je tedy přímo úměrné působící síle a nepřímo úměrné hmotnosti. Jinými slovy, když na těleso působí síla, jeho pohybový stav se mění. Změní se buď jeho velikost vektoru rychlosti nebo směr vektoru rychlosti nebo obojí. Matematicky lze tuto skutečnost vyjádřit pomocí vztahu:

$$\mathbf{a} = \frac{\mathbf{F}}{m}$$

V němž písmenem $\mathbf{a}$ jsme označily vektor zrychlení studovaného tělesa, písmeno $\mathbf{F}$ označuje vektor síly, jež na těleso působí a m značí hmotnost tělesa. Tyto značky pocházejí z latinského jazyka, tedy písmeno F je odvozeno ze slova fortis, písmeno a pro

zrychlení je odvozeno z latinského *accelerationis* a písmeno m je počátečním písmenem latinského slova pro hmotnost *mass*. Když se podíváme na tuto rovnici, vidíme, že pokud zvětšíme sílu působící na určité těleso (těleso určité hmotnosti m), zvětší se zrychlení tělesu udělené. Zrychlení má přitom totožný směr se směrem působící síly. Jednotkou síly je Newton, pro nějž používáme značku N . Jednotkou hmotnosti je kilogram kg a jednotkou zrychlení je $m \cdot s^{-2}$. Stejně tak můžeme říci, že určitá síla (síla určité velikosti F) udělí větší zrychlení tělesu o menší hmotnosti, a naopak tato identická síla udělí tělesu o vyšší hmotnosti zrychlení menší. Veličina již jsme označili jako zrychlení, reprezentuje míru změny rychlosti (její velikosti i směru) v čase. Vztah mezi rychlostí a zrychlením lze vyjádřit pomocí známé rovnice

$$\mathbf{v} = \mathbf{a} \cdot t + \mathbf{v}_0$$

Kde $\mathbf{v}$ je vektor výsledné síly, $\mathbf{a}$ vektor zrychlení a $\mathbf{v}_0$ je vektor počáteční rychlosti, jež přísluší pohybovému stavu tělesa před počátkem silového působení, které tento stav změnilo. Písmenem t označujeme čas, po který v důsledku silového působení docházelo ke zrychlování tělesa. Samotná značka t pro čas má opět svůj původ v latinském jazyce a je odvozena od slova *tempus*. Jednotkou rychlosti je potom $m \cdot s^{-1}$. Pro zjednodušení výkladu v celém našem textu budeme uvažovat pouze s konstantní silou.

Čím větší síla na těleso po určitou dobu působí, tím větší je tělesem dosažená rychlost. Pokud se podíváme na první zde uvedenou rovnici, uvědomíme si, že velikost dosažené konečné rychlosti záleží na hmotnosti, čím je hmotnost tělesa větší, tím je zrychlení působením určité síly menší a také velikost konečné rychlosti je menší. Stejná závislost platí i pro změnu směru. Tato změna závisí na velikosti síly (čím větší síla na těleso po určitou dobu působí, tím větší je jeho změna směru) a na hmotnosti (čím je hmotnost tělesa větší, tím je změna směru působením určité síly menší). To lze vyjádřit početně takto (pro zjednodušení jsme počáteční rychlost $\mathbf{v}_0$ položili rovnu nule):

$$\mathbf{v} = \mathbf{a} \cdot t = \frac{\mathbf{F} \cdot t}{m}$$

Součin síly a času potom budeme nazývat vektorem impulsu síly a značí se písmenem $\mathbf{I}$:

$$\mathbf{I} = \mathbf{F} \cdot t = [N \cdot s]$$

Když například padající kostka domina udeří do jiné kostky, působí silovým impulsem na tuto kostku, resp. předá jí svou hybnost (obr.4). „Zatlačením“ na předmět se změnil rychlost pohybu objektu. Hmotnost objektu udává, jaké bude mít zrychlení nebo zpomalení při dané působící síle. Představte si, že máte kopací míč a bowlingovou kouli. Bowlingová koule má mnohem větší hmotnost než kopací míč a bude potřebovat více síly, aby měla stejnou rychlost jako míč. Tento zákon síly platí na jakýkoliv pohyblivý objekt.[1, 16–18]



Obr. 4 Příklad zákona síly využitého při tvorbě mechanismu—domino musí vyvinout dostatečnou sílu k rozjetí autíčka.

3.1.3. Třetí Newtonův pohybový zákon

Třetí Newtonův pohybový zákon říká, že pro každou akci existuje stejná a opačná reakce. Odtud je odvozeno i druhé jméno tohoto zákona, jemuž často také říkáme zákon akce a reakce. Síly se vždy vyskytují ve dvojicích a nazýváme je akční síla a reakční síla. Obě síly jsou stejně velké, ale jsou orientovány opačným směrem.

Newtonův pohybový zákon zní: „Dvě tělesa na sebe navzájem působí stejně velkými silami opačného směru. Tyto síly vznikají a zanikají současně.“ První sílu nazýváme akce a druhou sílu reakce. Síly působí na různá tělesa a ve svých účincích se

navzájem neruší (obr.5). Můžeme si to představit na míči, který pustíme na zem. Země působí na míč tíhovou silou (akce) a ta míči udělí zrychlení. Reakce je silové působení míče na zem opačného směru. Pro každou akci existuje stejná a opačná reakce. Dalším příkladem může být odpalovací stanoviště v baseballu nebo softballu. Když míček zasáhne pálku, míč působí na pálku akční silou. Současně na pálku působí reakční síla a při soustředění se můžeme cítit tuto sílu ve svých pažích. Je důležité myslet na třetí zákon pohybu, když vytváříme mechanismus, protože, když pracujeme s akční silou, musíme přemýšlet o tom, jaká bude reakce. Nechceme, aby části mechanismu létaly na všechny strany, i když se to dost pravděpodobně stane.

Matematicky lze zákon akce a reakce vyjádřit jednoduchou rovností:

$$\mathbf{F}_A = -\mathbf{F}_R$$

Kde $\mathbf{F}_A$ značíme sílu akce a $\mathbf{F}_R$ je síla reakce.[1, 16–18]



Obr. 5 Příklad zákona akce a reakce využitého při tvorbě mechanismu–v bodě, kde se vidličky dotýkají, působí na sebe vzájemně stejnou silou

3.2.Síly

Síly uplatňujeme, při vyrábění mechanismu velmi často. Trik spočívá v použití dostatečné síly na správném místě k udržení řetězové reakce a udržení předmětů v pohybu v požadovaném směru. Sílou můžeme na předmět „tlačit“ nebo ho „táhnout“. Zatlačení nebo vytažení způsobí, že předmět stojící na jednom místě se zrychlí, zpomalí, změní směr nebo změní tvar. Když jsme odrazili, hodili nebo kopli do míče, použili jsme na míč sílu. Síly jsou všude kolem nás a mají mnoho tvarů a velikostí. Asi největší silou v našem životě je gravitace, která přitahuje předměty k zemi. Míč, který jsme používali, vždy spadne na zem vzájemným gravitačním působením mezi zemí a míčem.

Kromě zákonů pohybu se sir Isaac Newton zasloužil také o definování zákonů gravitace. Existuje legenda, která říká, že začal uvažovat o gravitaci, když viděl jablko spadnout ze stromu. Někteří dokonce tvrdí, že byl pod stromem a jablko ho udeřilo do hlavy. Bez ohledu na to jak se to stalo, Newton začal přemýšlet o síle, která způsobila pád jablka. Také uvažoval, zda stejná síla udržuje planety na oběžné dráze. Jeho pozorování ho přivedla k vysvětlení pohybu Slunce a planet a také k tomu, jak funguje gravitace na Zemi. Mimo jiné gravitační síla Slunce a Měsíce jsou zodpovědné za příliv a odliv zemských oceánů (obr.6.).[1, 17, 18]



Obr. 6 Příklad využití síly při tvorbě mechanismu—během pádu a nárazu jedné kostičky do druhé dochází k předávání silového impulsu

3.3.Tření

Tření je způsobené vzájemnou interakcí povrchu dvou o sebe se otírajících těles, která jsou k sobě přitlačována určitou silou. Touto přitlačnou silou bývá nejčastěji tíha tělesa, jež působí vůči podložce. Velikost tření je tedy určena tím, jak je povrch těles na styku drsný a jak velká je přitlačná síla. Výsledná třecí síla vždy bude působit v protisměru pohybu, a tak nás zpomalovat nebo nám dokonce tato síla zcela znemožní pohyb (obr.7). Velikost tření určí, jak daleko naše saně dojedou na rovince pod kopcem. Jedním ze způsobů jak vidět tření v akci, je koulet míčem po hladkém a tvrdém povrchu, jako je podlaha nebo pracovní deska. Nyní vezměme svůj míč a zkusme jej koulet po koberci nebo trávě. Ověříme si, že je mnohem jednodušší válet míč po hladkém tvrdém terénu (obr.8). I bowlingové dráhy jsou hladké, takže se po drahách koule snadněji koulí, i přes svou značnou tíhu. V předchozích větách jsme definovali, že tření vzniká mezi dvěma k sobě přitlačovanými tělesy, například mezi ližinou saní a zasněženým povrchem. Tření se však vyskytuje i v jiných případech. Když náš míč letí vzduchem, molekuly vzduchu ho ve skutečnosti zpomalují, proto neletí věčně.



Obr. 7 Příklad využití tření při tvorbě mechanismu—povrch krabice je tvrdý a hladký, proto se autíčko pohybuje po povrchu rychle

Početně lze třecí sílu popsat takto:

$$F_t = F_g \cdot f = m \cdot g \cdot f$$

Kde m je hmotnost tělesa, g tíhové zrychlení $9.81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ a f je třecí koeficient, jenž charakterizuje, jak je povrch drsný. Tedy jak obtížné bude posouvat břemenem po daném povrchu.[17–19]

3.4. Práce a energie

Házením nebo kopáním do míče vykonáváme určitou práci. Práce je definována jako cosi, co vykonáme, když přesuneme těleso z jednoho místa na jiné například, když budeme tlačit po zemi truhlu plnou nářadí z jedné místnosti do druhé. Hned nás napadne, že když budeme posouvat bednu s větší hmotností, více se nadřeme. Stejně tak bude pro nás pracnější přesunout relativně lehkou krabici, ale na velkou vzdálenost.

Ve vědě je práce definována jako síla působící na objekt za účelem posunutí daného objektu o určitou vzdálenost.

$$W = \mathbf{F} \cdot \mathbf{s}$$

Práce W je skalární součin síly $\mathbf{F}$, jíž jsme na těleso působily a dráhy $\mathbf{s}$ po níž jsme naši truhlu tlačili. Síla, která se při této práci uplatnila, je síla, která musí překonat tření mezi podlahou a naší truhlicí, jinak by se naše truhlice vůbec nerozhýbala. Jakou práci ale konáme, když budeme zdvihát břemeno. Představme si vzpěrače, který chce zdvihnout velkou činku nad svou hlavu. Tady nemusí překonávat tření (resp. tření mezi molekulami vzduch a činkou je tak malé, že ho nemusíme brát v potaz), ale musí na činku působit silou větší a opačného směru, než je síla tíhová $F_g = m \cdot g$. Práce, kterou vzpěrač vykoná je rovna

$$W = F_g \cdot h = m \cdot g \cdot h,$$

kde h je výška, do které vzpěrač zvedl činku.

Stav, v níž se naše činka nachází v této nejvyšší dané poloze, můžeme popsat pomocí veličiny, kterou nazveme polohová energie E_p . Fyzikální veličinou v níž jí

budeme měřit zvolíme Joule. Tuto energii také často nazýváme energií potenciální a její velikost odpovídá práci W jež bylo třeba vykonat, aby se těleso, jako třeba naše činka, dostali do dané polohy a do dané výšky nad podlahou.

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

Při pádu činky z výšky h se mění potenciální energie na energii pohybovou (kinetickou). Velikost kinetické energie pohybujícího se tělesa je určena vztahem:

$$E_K = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

Padající činka se zrychluje po celou dobu pádu, a tudíž její rychlost a tím kinetická energie stále roste. Naopak padající činka při pádu klesá, tedy výška h v níž se nachází se zmenšuje. Jak se zmenšuje výška, v níž se činka nachází, klesá i její polohová energie E_p . Tady zjišťujeme zajímavou skutečnost. S klesající polohovou energií dochází naopak ke vzrůstu kinetické energie padající činky. Tato představa nám umožňuje formulovat zákon, jemuž říkáme zákon zachování energie. Ten říká, že celková mechanická energie se nemění:

$$E_{K1} + E_{P1} = E_{K2} + E_{P2}$$

Aby se práce mohla uskutečnit, musí se systém těles nacházet v takovém stavu, aby došlo k transformaci energie z jedné její formy na druhou. Tedy třeba z energie potenciální na kinetickou.

Stejné pravidlo platí pro všechno. Energie je potřebná k tomu, aby se věci hýbaly. Tato energie přichází ve dvou formách. Známe dva druhy energií, potenciální energie a kinetická energie. Potenciální energie je energie čekající na to, co se stane. Je uložena v objektu a čeká na impuls (obr.10). Totéž platí, máte-li kuličku stojící na vrcholu kuličkové dráhy v mechanismu. Kulička má díky své poloze potenciální energii. Natažená gumička je dalším příkladem potenciální energie.



Obr. 8 Příklad potenciální energie využité při tvorbě mechanismu—izolepa čekající na pohyb

Kinetická energie je „energie v akci“. Jakmile spustíme kuličku z vrcholu po kuličkové dráze, zvyšuje kinetickou energii (obr.11). Když Rube Goldberg vynalezl své stroje, neustále přenášel energii z jednoho objektu na druhý, které označoval písmenem. Když si vytvoříme svůj vlastní mechanismus, budeme muset mít na paměti stejné principy. Abychom mohli udržet části mechanismu v pohybu, musíme mít energii na působení síly. Doporučuje se hrát si s nakloněnými rovinami.[1, 16, 18–20]



Obr. 8 Příklad kinetické energie využité při tvorbě mechanismu–kulička padající po překážkové dráze

3.5. Nakloněné roviny

Jedná se o techniku, která usnadňuje pohyb věcí nahoru nebo dolů, protože vám poskytují mechanickou výhodu, jako všechny jednoduché stroje. To znamená, že pokud použijete nakloněnou rovinu, budete k pohybu objektu potřebovat méně síly (obr.12). Pokud sníte sklon roviny snížením úhlu, ale rovinu prodloužíte, získáte ještě větší mechanickou výhodu. To proto, že nakloněná rovina rozkládá práci na větší vzdálenost. Totéž ale nakonec vypovídá i o množství práce. Buď můžeme vyvíjet velkou sílu na krátkou vzdálenost nebo menší sílu na delší vzdálenost. Nakloněná rovina je pouze termín pro plochý povrch s jedním koncem výše než druhým. Nakloněné roviny jsou všude kolem nás. Typickým příkladem může být skluzavka v parku, horská dráha, rampa i silnice se sklonem. Žebříky a schody jsou také nakloněné roviny, protože jsou šikmé, nikoli kolmé k zemi.

Nakloněné roviny jsou velmi užitečné jednoduché mechanismy, protože pomáhají postupně zvyšovat nebo snižovat energii. Nakloněnou rovinu vlastně nikdo nevynalezl, roviny v přírodě existují od počátku. Než byla fyzika nakloněných rovin skutečně pochopena, lidé je používali jako inženýrský nástroj k usnadnění života a práce. Egypťané na to přišli před tisíci lety, když stavěli pyramidy. Používali nakloněné roviny, aby

vytlačili obrovské kameny nahoru na pyramidy. Stavba pyramid by v té době nebyla možná bez nakloněných rovin. Jiné starověké civilizace stavěly akvadukty, aby odváděly vodu do center měst ze vzdálených míst. Byli to však Římané, kteří vybudovali rozsáhlé sítě potrubí, kanálů a mostů, které přiváděly vodu do Říma. Vybudovali sít' tak, aby měla pravidelný sklon a umožnila gravitaci, aby odváděla vodu. Bylo to mnohem snazší, než nosit materiál ručně. Dobrým příkladem může být i korba vysýpacího nákladního auta. Jedná se o nakloněnou rovinu, protože se jeden konec vozíku zvedne, aby se vyprázdnil náklad. Je mnohem snazší naklonit korbu nákladního auta, aby se vyprázdnila. Proces je mnohem snazší, rychlejší a efektivnější než vytahovat obsah ručně.

Je známé, že čím je rovina strmější, tím je těžší po ní vylézt nebo po ní posouvat objekt. Stejně zásady platí, pokud použijete nakloněnou rovinu k posunutí objektu dolů. Pokud po rampě něco posouváme, řídíme se zásadou, že čím strmější je rampa, tím větší bude objekt. Pro příklad použijeme dětskou skluzavku v parku. Skluzavka pro malé děti nebývá tak strmá nebo tak dlouhá, aby byla bezpečná svou pomalou rychlostí. Při stavbě mechanismů se hojně využívá principu nakloněných rovin. Jakýkoli rovný povrch je rovinou, ale pokud jeden konec nakloníte nahoru (například zvednutím jednoho konce knihy výše) změní se plocha na nakloněnou rovinu.[1, 18, 19]



Obr. 9 Příklad využití nakloněné roviny při tvorbě mechanismu—kniha je z jedné strany vypočtena a po odstranění překážky se autíčko svévolně rozpohybuje

3.6. Páky

Jedním ze způsobů, jak učinit své vynálezy složitějšími, je přidat objekt posunující se na principu páky. Páka může být tyč nebo prkno, které je upevněno na pevném bodu, který nazýváme opěrný bod (obr.13). V tomto bodě se páka pohybuje. Každá páka má jak rameno, tak opěrný bod. Princip páky si můžeme představit na houpačce pro dvě osoby. Prkno houpačky se hýbe na opěrném bodu uprostřed. Na jednom konci je zatížení a na druhém konci působí síla. Říká se jim páky první třídy. Když zatlačíme na jeden konec pák, zatížení na druhé straně opěry stoupá. V tomto případě se změní směr síly.



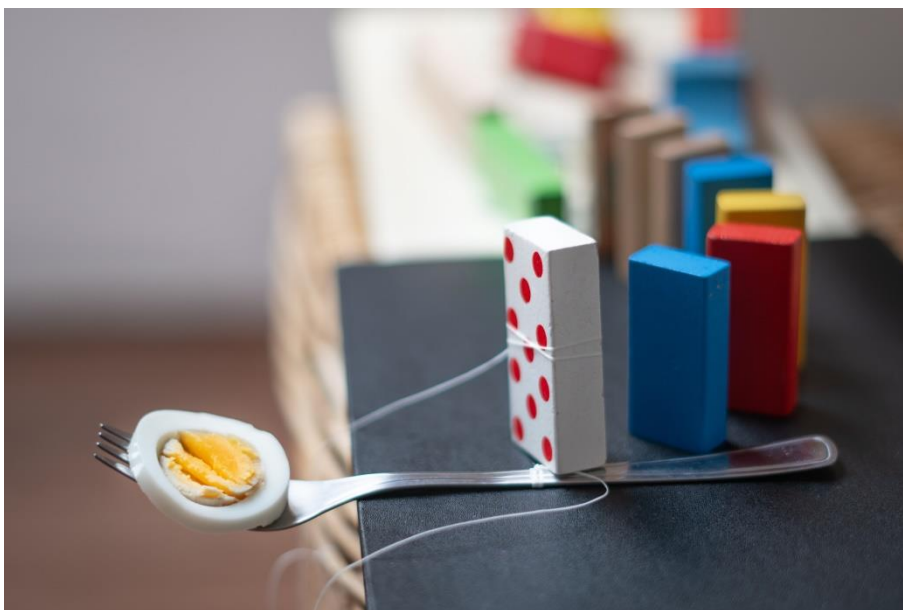
Obr. 10 Příklad využití principu páky při tvorbě mechanismu – při přenesení energie na jedno rameno dřevěné kostičky, se kostička přehoupne a přenesení sílu na hopík opřený o druhé rameno kostičky

Páky druhé třídy mají opěrný bod na jednom konci, zatížení je uprostřed a síla působí na druhém konci (obr.14). Stejně jako u páky první třídy mění páka druhé třídy množství síly, kterou musíte vynaložit k pohybu předmětu tím, že práci rozložíte na určitou vzdálenost. U těchto pák se však směr síly nemění. Jedním z příkladů je trakař. Náklad vezeme uprostřed a zvedneme rukojeti trakaře, abychom náklad posunuli. Když to uděláme, tak se síla zatížení posune nahoru. Některé páky mají na jednom konci opěrný bod, na druhém konci zatížení a uprostřed působí síla. Říká se jim páky třetí třídy. Stejně

jako u pák druhé třídy se směr síly nemění, ale mění se velikost a vzdálenost, přes kterou síla působí. Rybářský prut je skvělým příkladem páky třetí třídy.

Existují důkazy, že lidé používají páky více než 200 000 let. Nejjednoduššími pákami byly nástroje používané k otevírání ovoce a skořápek. Mezi páky patří také vesla na člunech, motyky pro zemědělství, košťata a hrábě. Stejně jako u nakloněných rovin, jsou páky všude kolem nás. Topůrko kladiva také funguje jako páka, když vytahujeme hřebíky. Nůžky a pinzety jsou příklady dvou pák, které spolupracují. Páky nám pomáhají pohybovat, spouštět a zvedat břemena tím, že snižují množství síly potřebné k provedení práce. Stejně jako u ostatních jednoduchých strojů nám páka poskytuje mechanickou výhodu. Páky nesnižují množství práce potřebné k pohybu nebo zvednutí předmětu, ale snižují množství potřebné síly, protože je aplikována na větší vzdálenost. Proto stejně jako u nakloněné roviny platí, že čím delší páka, tím větší mechanická výhoda.

První člověk, který skutečně studoval a popsal matematické principy páky, byl starověký řecký matematik Archimedes. Jeho studie páky a také kladky a šroubu ve třetím století před naším letopočtem výrazně přispěla našim znalostem o tom, jak věci fungují. Protože věděl, co udělal s principy páky, prohlásil: „Dejte mi místo, kde bych mohl stát, a já pohnu zemí.“ Zatímco ve skutečnosti by nikdy nebyl schopen najít místo, kde by stál ve vesmíru, Archimédovo tvrzení stále ilustruje jeho pochopení toho, jak páka funguje.



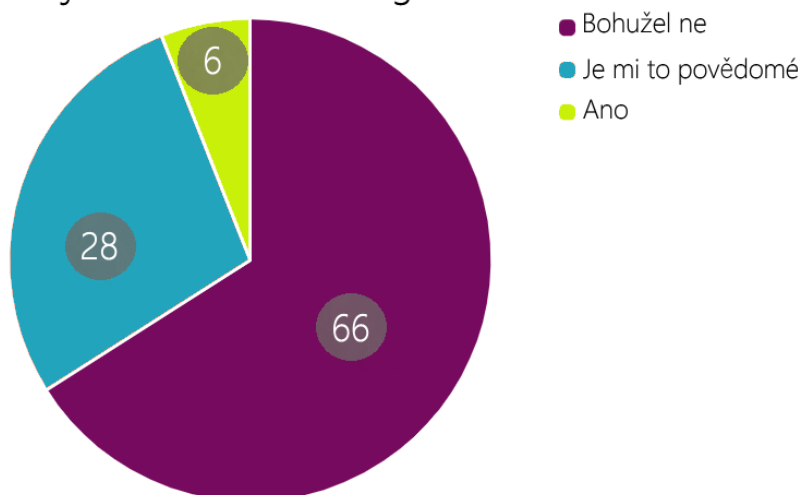
Obr. 11 Příklad využití principu páky při tvorbě mechanismu—vidlička je záměrně posunuta mimo svůj střed těžiště, je zatížena na konci dominem a po uvolnění tohoto ramene se převáží vidlička s pochutinami směrem dolů

Páky jsou důležitou součástí vytváření komplikovanějších mechanismů. Můžeme je použít k pohybu, při spouštění nebo zvedání různých předmětů. Domino funguje jako páka třetí třídy. Jedna kostička domina funguje jako paže, a když spadne, použije sílu na střed dalšího domina.[1, 18, 19]

4. Pilotní studie na téma „goldbergovy mechanismy“

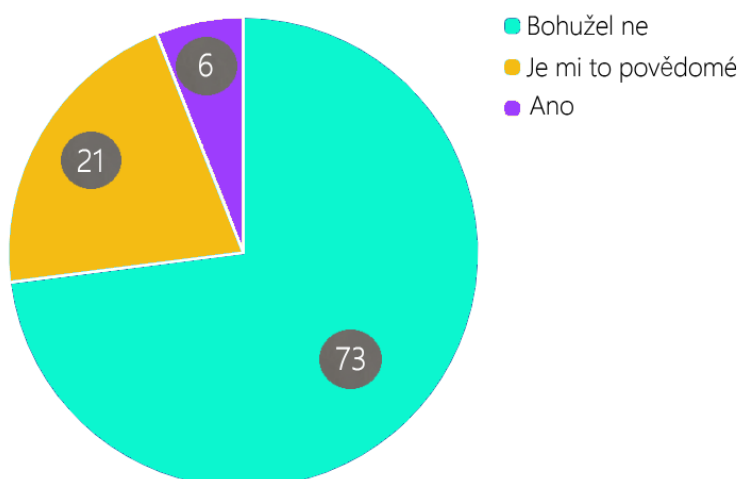
Vytvořila jsem pilotní průzkum formou krátkého dotazníku, obsahující 6 otázek. Průzkum byl proveden on-line na webové stránce Survio. Účelem tohoto šetření bylo zjistit povědomí o Rube Goldbergovi a jeho mechanismech. Průzkum byl cílený především na studenty pedagogiky a pedagogy, ale na otázky mohl odpovědět kdokoli. Dotazník vyplnilo 100 respondentů z nichž 81 % byly ženy, 18 % muži a 1 % jiné. Tento průzkum oslovil hlavně studenty pedagogiky, kterých se zúčastnilo 50. Dále jsem obdržela hlasování od 32 pedagogů a 18 osob s jiným profesním zaměřením. Na otázku „Znáte jméno Rube Goldberg?“ odpovědělo 66 % účastníků ankety, že bohužel neznají (obr.15). Jméno je povědomé 28 % respondentů a s jistotou ho zná pouhých 6 % odpovídajících. Následující otázkou jsem se snažila zjistit, kolik zúčastněných se setkala s pojem „goldbergovy mechanismy“. Opět převládala odpověď se 73 %, že bohužel tento pojem neznají (obr.16). Dále pouhých 6 % respondentů je s touto tematikou obeznámeno a 21 % je pojem povědomý.

3. Znáte jméno Rube Goldberg?



Obr. 12 Koláčový graf s odpověďmi na otázku „Znáte jméno Rube Goldberg?“

4. Slyšeli jste někdy o pojmu "goldbergovy mechanismy"?



Obr. 13 Koláčový graf s odpověďmi na otázku „Slyšeli jste někdy o pojmu „goldbergovy mechanismy“?“

U otázky „Co si představíte pod pojmem "goldbergovy mechanismy"?" jsem zvolila otevřenou formu odpovědi. 41 zúčastněných si pod tímto pojmem nedokázalo nic představit a odpověděli pouze „Nevím“, „Nic“, „Netuším“ apod. Dalších 24 respondentů si spojilo pojem „goldbergovy mechanismy“ s pouze pedagogickým zaměřením a evokovalo jim například vyučovací metody, metody efektivního zapamatování si nebo způsoby správného vlivu na děti při výuce. Dále se několik odpovědí týká psychologie a po důkladnějším pátrání jsem objevila anglického psychologa Davida Goldberga, který pravděpodobně vytanul na mysl, některým odpovídajícím. Jiné odpovědi se dotýkaly například hospodaření s penězi, ekonomikou, drahými kovy a dalšími odvětvími. Odpovědí, které se minimálně okrajově dotýkaly definice pojmu „goldbergovy mechanismy“ bylo 21, z nichž 6 obsahovalo hlavní myšlenku strojů vytvořených Rube Goldbergem. Obávám se, že tyto odpovědi jsou lehce zmanipulované mým dosahem, protože o této tematice jsem hovořila se svými přáteli a při sdílení průzkumu na sociálních sítích, se jim mohl pravděpodobně dostat do rukou.

Poslední otázka popisuje základní princip těchto mechanismů a ptá se respondentů, zda se s něčím podobným někdy setkali. Zde 64 lidí odpovědělo, že se s daným mechanismem již v minulosti setkali, 23 lidí neví jistě a 11 osob se s těmito mechanismy nikdy nesetkali.

Potvrdilo se mi, že v České republice se o tomto způsobu umělecko-technické tvorby z většiny neví a má bakalářská práce může přinést nové téma do světa pedagogiky, a proto průzkum považuji za úspěšný. Zpětně bych do dotazníku přidala otázku, zda by se chtěli respondenti o tomto tématu dozvědět více, a zda jim přijde vhodné využívat mechanismy při výuce, ale doufám, že se tímto tématem budu zabírat i nadále.

Závěr

Zahájit práci vyhledáváním faktických informací o Rube Goldbergovi a jeho tvorbě mi i zpětně připadá zajímavé a přínosné. Jelikož většina pramenů pochází z anglické literatury, nebylo jednoduché dohledat informace, které by odpovídaly mým požadavkům. Jsem zpětně velmi ráda, že jsem s předstihem objednala knihy z Anglie. Mezi výběrem tří knih, které měly spojitost s Rube Goldbergem a jeho tvorbou, jsem objevila knihu „Crazy contraptions“, která se stala mým nejužitečnějším zdrojem poznatků. Ostatní knihy sice neodpovídaly mé představě, ale použila jsem je v kapitole 2.3. „Goldbergovské mechanismy“ v současném umění. Po informování se o tvorbě a životě Rube Goldberga jsem se začala zabývat fyzikální principy, které se běžně při tvorbě strojů využívají. S tím je spojené i čerpání inspirace z videí samostatných mechanismů od jiných umělců a inženýrů. Při ohlédnutí se, jsem uvažovala, jestli jsem se neměla raději ihned bezhlavě ponořit do tvoření mého vlastního mechanismu, místo zabývání se fyzikálními principy, které jsou mi dávno známé. Již při procesu tvorby jsem si dokazovala, že jsem zvolila správný postup.

Na tvorbě mého snídaňového mechanismu bych nic neměnila. Všechny chyby jsem podstupovala a přijímala. Dle mého názoru se jim nedá zamezit a ani bych si to nepřála. Otevřeně přiznávám, že procvičit svou trpělivost a motoriku jsem zoufale potřebovala. Také připouštím, že jsem si nevědomky rozšířila i svou fantazii o uvažování nad objekty a jejich vlastnostmi. V hlavě si do teď vytvářím nahodilé scénáře imaginárních mechanismů sestavených z předmětů, které potkávám během běžného dne. I přes to, že jsem téma mé bakalářské práce vybrala, aniž bych o něm byla lépe informována, jsem spokojená a sledávám tuto tematiku i tvorbu Rube Goldberga za fascinující. Do práce jsem vložila příjemné zajímavosti o něm a jeho stylu smýšlení. Zvolila jsem méně odborný jazyk pro psaní, aby byl text srozumitelný i netechnicky vzdělaným čtenářům.

Také kladně hodnotím výsledky mého pilotního průzkumu. Potvrdilo se mé tvrzení, že informovanost o „goldbergovských mechanismech“ v České republice není zakořeněna. To mi dodává pocit, že má bakalářská práce není psána zbytečně a mohla by být potencionálním zájemcům přínosná. Zpětně bych se vyhnula šíření dotazníku přes své přátele. Jelikož byli o mé práci informováni, tak bylo hlasování v průzkumu ovlivněno.

Činila jsem tak z touhy, dostat odpovědi od co největšího počtu respondentů. Cílem bakalářské práce bylo popsání díla Rube Goldberga a pokus o sestrojení vlastního mechanismu. Práce na konstrukci mého vlastního mechanismu mi potvrdila to, že tato zajímavá a zábavná činnost v sobě skrývá obrovský potenciál pro učení, rozvoj tvořivosti a technického myšlení. Je velká škoda, že tento fascinující člověk Rube Goldberg a jeho práce je u nás tak málo známý.

Seznam použité literatury

- [1] PERDEW, LAURA. *Crazy Contraptions: Build Rube Goldberg Machines That Swoop, Spin, Stack, and Swivel: With Hands-On Engineering Activities*. B.m.: Nomad press, 2019. ISBN 978-1-61930-826-8.
- [2] *Rube Goldberg* [online]. 2022 [vid. 2022-04-24]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Rube_Goldberg&oldid=1081143044
- [3] GOLDBERG INC., RUBE. Home of the Official Rube Goldberg Machine Contests. *Rube Goldberg* [online]. 2018 [vid. 2022-04-24]. Dostupné z: <https://www.rubegoldberg.com/>
- [4] TOMÁNKOVÁ, Aneta. *Vliv mobilních telefonů na novou generaci dětí* [online]. Praha: Univerzita Karlova, Husitská teologická fakulta, 2019 [vid. 2022-04-24]. Dostupné z: <https://dspace.cuni.cz/handle/20.500.11956/108136>
- [5] PTÁK, František. *Posouzení vývoje hrubé motoriky u dětí staršího školního věku* [online]. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2020 [vid. 2022-04-24]. Dostupné z: <http://dspace5.zcu.cz/handle/11025/40601>
- [6] FILIPOVÁ, Marta. *Multimédia a jejich vliv na dítě předškolního věku*. [online]. Plzeň, 2017 [vid. 2022-04-24]. Západočeská univerzita v Plzni. Dostupné z: <https://theses.cz/id/arvws1?lang=sk;info=1;isslret=Marta%3B;zpet=%2Fvyhledavani%2F%3Fsearch%3DMarta%26start%3D40>
- [7] ZEITZ, Leigh a Sharon SAKAI-MILLER. Cultivating Innovation through Invention. In: [online]. 2016, s. 211–231. ISBN 978-94-6300-506-7. Dostupné z: [doi:10.1007/978-94-6300-506-7_13](https://doi.org/10.1007/978-94-6300-506-7_13)
- [8] KIM, Yilip a Namje PARK. The Effect of STEAM Education on Elementary School Student's Creativity Improvement. In: Tai-hoon KIM, Adrian STOICA, Wai-chi FANG, Thanos VASILAKOS, Javier García VILLALBA, Kirk P. ARNETT, Muhammad Khurram KHAN a Byeong-Ho KANG, ed. *Computer Applications for Security, Control and System Engineering* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012 [vid. 2022-05-28], Communications in Computer and Information Science, s. 115–121. ISBN 978-3-642-35263-8. Dostupné z: [doi:10.1007/978-3-642-35264-5_16](https://doi.org/10.1007/978-3-642-35264-5_16)
- [9] BERG, Devin R. Use of a Rube Goldberg Design Project for Engineering Dynamics. In: *2015 ASEE Annual Conference & Exposition* [online]. 2015, s. 26.1639.1-26.1639.16 [vid. 2022-05-28]. ISBN 978-0-692-50180-1. Dostupné z: <https://peer.asee.org/use-of-a-rube-goldberg-design-project-for-engineering-dynamics>
- [10] MENLO, CHEVROLET, XIQI, WANG a JIAN, GUAN. Largest Rube Goldberg. *Guinness World Records* [online]. 24. září 2021 [vid. 2022-04-24]. Dostupné z: <https://www.guinnessworldrecords.com/world-records/largest-rube-goldberg>

- [11] 2D HOUSE. *2D Photography Rube Goldberg Machine* [online]. 2011 [vid. 2022-04-24]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=qKpxd8hzOcQ>
- [12] OK GO. *This Too Shall Pass - Rube Goldberg Machine - Official Video* [online]. 2010 [vid. 2022-04-24]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=qybUFnY7Y8w>
- [13] *Joseph's Machines está criando Useless Machines | Patreon* [online]. [vid. 2022-04-24]. Dostupné z: <https://www.patreon.com/josephsmachines>
- [14] TEMME, Leonard A. *The Rube Goldberg Variations*. Alabama: Negative Capability Press, 2021. ISBN 978-1-73459-025-8.
- [15] MILLER, Adam S. a Richard L. BUSHMAN. *Rube Goldberg Machines: Essays in Mormon Theology*. Salt Lake City, Utah: Greg Kofford Books, Incorporated, 2012. ISBN 978-1-58958-193-7.
- [16] NEPIL, OLDŘICH. *Fyzika pro střední školy*. 2. Praha: Prometheus, 1994. ISBN 80-85849-94-1.
- [17] RICHARD PHILLIPS FEYNMAN, 1918-1988. *Feynmanovy přednášky z fyziky s řešenými příklady. [Díl] 1*. 2000.
- [18] ŠTOLL, IVAN. *Fyzika pro netechnické obory SOŠ a SOU*. 1. vyd. Praha: Prometheus, 2001. ISBN 80-7196-223-6.
- [19] C. LORBEER, GEORGE. *Fyzikální pokusy pro děti: hmota, energie, vesmír, letectví: náměty a návody pro zajímavé vyučování*. 1. Praha: Portál, 1998. ISBN 80-7178-181-9.
- [20] VLADISLAV KOLESNIKOV. *Mechanika*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, 1988.