



**MATEMATICKO-FYZIKÁLNÍ
FAKULTA**
Univerzita Karlova

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Václav Kohout

Demonstrační souprava pro výuku elektrických obvodů

Katedra didaktiky fyziky

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Věra Koudelková, Ph.D.

Studijní program: Fyzika se zaměřením na vzdělávání

Studijní obor: Fyzika se zaměřením na vzdělávání se sdruženým studiem
Matematika se zaměřením na vzdělávání

Praha 2023

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

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

V Kladně dne 10. 5. 2023

Václav Kohout

Poděkování

Rád bych na tomto místě za cenné rady a odborné konzultace poděkoval vedoucí mé bakalářské práce RNDr. Věře Koudelkové, Ph.D. Poděkování za podporu během celého studia samozřejmě patří také mé rodině, především pak mému otci za předání svých dosavadních technických i jiných zkušeností a za pomoc při praktické výrobě vyvinuté soupravy. V neposlední řadě bych rád poděkoval všem svým přátelům, zejména pak svému kamarádovi PhDr. Lukáši Eichenmannovi, Ph.D. za jazykovou korekturu textu.

Název práce: Demonstrační souprava pro výuku elektrických obvodů
Autor: Václav Kohout
Katedra: Katedra didaktiky fyziky
Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Věra Koudelková, Ph.D., KDF
Abstrakt: Cílem bakalářské práce je vyvinout demonstrační soupravu pro výuku elektrických obvodů na základní škole. Práce krátce diskutuje potřebné parametry demonstrační soupravy v závislosti na obsahu učiva vyučovaného na základní škole. Dále jsou zmiňována kritéria využívaná při výběru fyzikální pomůcky. Tato jsou uplatňována při rešerši existujících demonstračních souprav použitelných ve školské fyzice. Práce dále detailně popisuje vývoj jednotlivých komponentů a souhrnně charakterizuje finální verzi námi vyvinuté soupravy. V práci jsou zohledněny zkušenosti z testování vyvíjené soupravy ve výuce fyziky na základní škole – s důrazem na odstranění zjištěných nedostatků. Práce poskytuje návrhy na využití vyvinuté soupravy při výuce fyziky na základní škole.
Klíčová slova: demonstrační souprava, elektrické obvody, elektřina a magnetismus na základní škole

Title: Demonstrating set of electric circuits
Author: Václav Kohout
Department: Department of Physics Education
Supervisor: RNDr. Věra Koudelková, Ph.D., DPE
Abstract: The aim of the bachelor's thesis is to develop a demonstration kit for teaching electrical circuits at lower secondary school. The thesis briefly discusses the necessary parameters of the demonstration set depending on the content of the curriculum taught in lower secondary school. The criteria used in the selection of a physical aid are also mentioned. These are applied in the search of existing demonstration kits applicable in school physics. The thesis further describes in detail the development of individual components and summarizes the definitive version of the kit developed by us. The work considers the experience of testing the developed set in the teaching of physics at lower secondary school – with an emphasis on the elimination of identified shortcomings. The work provides suggestions for the use of the developed set in teaching physics at lower secondary school.
Keywords: demonstration kit, electrical circuits, electricity and magnetism in lower secondary school

Obsah

Úvod.....	2
1. Výuka elektrických obvodů na základních školách.....	4
1.1 Kurikulární dokumenty	4
1.2 Rozdělení učiva	5
2. Demonstrační soupravy pro výuku elektřiny	7
2.1 Kritéria výběru fyzikální pomůcky	7
2.2 Konkrétní soupravy	7
3. Vývoj vlastní soupravy	16
3.1 Cíl vývoje	16
3.2 Počáteční úvahy.....	16
3.3 Vývoj modulů.....	17
3.4 Finální verze modulů.....	22
3.5 Vodiče	27
4. Aplikace ve výuce	32
4.1 Pilotní využití soupravy ve výuce na ZŠ.....	32
4.2 Návrhy aktivit do výuky s využitím námi vyvinuté soupravy	33
Závěr	41
Příloha č. 1 – technické specifikace soupravy	I
P1.1 Výroba modulů spotřebičů – společná část	II
P1.2 Žárovka	III
P1.3 LED.....	IV
P1.4 Rezistor	V
P1.5 Motor	VI
P1.6 Zdroj.....	VII
P1.7 Přepínač	VIII
P1.8 Spínač.....	X
P1.9 Měřicí přístroje	XI
P1.10 Přehled doporučených počtů modulů v soupravě	XIII
P1.11 Vodiče.....	XIII

Úvod

V této bakalářské práci se budeme zabývat vývojem soupravy pro výuku elektrických obvodů na základní škole. K myšlence zabývat se tímto tématem mě přivedly RNDr. Irena Dvořáková, Ph.D. a RNDr. Věra Koudelková, Ph.D. na kurzu *Heuristické metody ve výuce fyziky*. Při výuce fyziky heuristickým (badatelským) způsobem je důležité, aby měli žáci k dispozici kvalitní pomůcky pro bádání nad danou problematikou a mohli následně dospět k teoretickým závěrům. Stejně tak učitelé pomůcky umožňují názorně demonstrovat fyzikální experimenty.

Nápad navrhnout a vytvořit vlastní demonstrační soupravu pro výuku elektrických obvodů přišel v době, kdy jsem nastoupil do praxe – jako zástup na výuku fyziky. Uvědomil jsem si totiž, že neznám soupravu, která by umožňovala demonstrovat elektrické obvody přímo na tabuli.

Cílem této práce je provést rešerši existujících souprav pro výuku elektrických obvodů na základní škole, navrhnout a zkonstruovat soupravu vlastní a představit možné aktivity do výuky, při nichž by bylo možno soupravu využít.

V práci se nejprve – v souvislosti s platnými kurikulárními dokumenty – stručně zabýváme rozsahem vzdělávacího obsahu elektřiny a magnetismu vyučovaného na základní škole. Tuto problematiku rozdělujeme do tří tematických celků tak, jak by ji bylo možno na základní škole vyučovat. Každý tematický celek, zejména pak v souvislosti s používanými pomůckami, dále rozebereme.

Před samotnou rešerší existujících souprav nejprve stanovujeme konkrétní kritéria, která u posuzovaných souprav zkoumáme. Každou zkoumanou soupravu stručně popíšeme a zhodnotíme – s ohledem na námi stanovená kritéria, která by, dle našeho názoru, učitelům fyziky výběr dané fyzikální pomůcky usnadnila.

V práci rovněž popisujeme návrh a průběh vývoje naší soupravy. Diskutovány jsou prvotní myšlenky, jež vedly ke konceptu, který jsme nakonec využili. Popsán je rovněž vývoj jednotlivých modulů, přičemž jsou zmiňovány nejen ty cesty, které vedly k cíli, ale i ty, které jsme byli nuceni opustit. Dále popisujeme finální verzi všech vyvinutých modulů. Zvláštní podkapitolu věnujeme problematice vodičů. Technické specifikace včetně návodu na výrobu jsou uvedeny v příloze. U všech modulů uvádíme seznam potřebného materiálu včetně odkazů, kde jej lze zakoupit.

V samostatné kapitole diskutujeme zkušenosti z pilotního testování ve výuce a změny v soupravě, které jsme po testování zapracovali. Závěrem jsou představeny možné aktivity pro využití vyrobené soupravy ve výuce fyziky na základní škole.

1. Výuka elektrických obvodů na základních školách

1.1 Kurikulární dokumenty

V úvodu naší práce se krátce zaměříme na to, jakým způsobem je v České republice právně upravováno vzdělávání. Základním kurikulárním dokumentem pro každý obor je dle školského zákona Rámcový vzdělávací program (dále jen RVP), vzdělávání v jednotlivých školách se však uskutečňuje pomocí školních vzdělávacích programů (dále jen ŠVP), které z RVP vycházejí. Vzdělávací obor fyzika je součástí vzdělávací oblasti Člověk a příroda (srov. RVP ZV, 2017, s. 15). Výstupy této vzdělávací oblasti definované v RVP jsou pro nás závazné a žák je musí po dokončení základního vzdělání splnit. Konkrétní rozsah učiva určuje vždy daná škola vydáním ŠVP. Ve ŠVP se tedy mohou kromě povinných výstupů RVP vyskytovat i další výstupy, nad rámec těch povinných.

V roce 2021 proběhla revize RVP, ve které došlo, mimo jiné i v oblasti Člověk příroda, k redukci některých povinných výstupů (srov. RVP ZV, 2017, s. 65; RVP ZV, 2021, s. 66) V konkrétním školním vzdělávacím programu však mohou tyto výstupy, a k nim příslušející učivo, i nadále zůstat. Proto budeme v naší práci pracovat se všemi výstupy vzdělávacího oboru fyzika, resp. všemi, které se vztahují k tématu elektrických obvodů a veličin, vyskytujícími se v původní (nerevidované) verzi RVP z roku 2017. Níže je uvádíme.

„Žák:

- | | |
|----------|--|
| F-9-6-01 | sestaví správně podle schématu elektrický obvod a analyzuje správně schéma reálného obvodu |
| F-9-6-02 | rozliší stejnosměrný proud od střídavého a změří elektrický proud a napětí |
| F-9-6-03 | rozliší vodič, izolant a polovodič na základě analýzy jejich vlastností |
| F-9-6-04 | využívá Ohmův zákon pro část obvodu při řešení praktických problémů |
| F-9-6-06 | zapojí správně polovodičovou diodu“ (RVP ZV, 2017, s. 65) |

V roce 2018 vznikla skupina oborových didaktiků a učitelů z praxe k diskusi nad připravovanou revizí RVP. Tato skupina pracovala na Tabulkách, které by posloužily jako opora pro přípravu výuky fyziky na základní škole (srov. Dvořáková, 2019, s. 2). Tyto Tabulky jsou koncipovány tak, aby se učitel fyziky mohl rozhodnout, do jaké hloubky bude dané téma vyučovat, např. s ohledem na

hodinovou dotaci. Obsahují totiž celkem tři možné úrovně toho, do jaké hloubky dané téma probíráme. Tabulky zároveň konkretizují mnohdy velmi abstraktní očekávané výstupy RVP. Z těchto Tabulek jsme vycházeli při stanovení konkrétního rozsahu vzdělávacího obsahu.

1.2 Rozdělení učiva

Problematiku elektrických obvodů můžeme pro naše potřeby ve výuce rozdělit do tří tematických celků. V následujícím textu všechny, zejména v souvislosti s využívanými pomůckami, rozebereme.

1.2.1 Základy elektrických obvodů

V prvním tematickém celku se žáci seznamují s elektrickým obvodem jako takovým. Uvědomují si koncept toho, že obvod musí být „dokola“, aby žárovka svítila. Žáci by měli sestavit obvod i prakticky, neboť je to jedna z dovedností, které vyžaduje RVP (srov. RVP ZV, 2021, s. 66).

V případě heuristického přístupu k výuce fyziky žáci koncept elektrického obvodu objeví na počátku sami, s pomocí žárovek a plochých baterií (srov. Metodika Heuréky – elektrické obvody I). Dále žáci pracují s obvody jako takovými, skládají je pomocí součástek ze souprav nebo stavebnic. Dle našeho názoru je ale vhodné, aby i při tomto způsobu výuky měl učitel možnost sestavit obvod na tabuli. Takto demonstrováný obvod může sloužit jak k samostatné kontrole žákovské práce, tak jako opora pro žáky, kteří si s daným úkolem (obvodem) nevědí rady.

V prvním seznámení s elektrickými obvody žáci sestavují jednoduché obvody, rozlišují sériové a paralelní zapojení žárovek. Pracují s přepínači a spínači a dokáží předpovědět chování žárovek v závislosti na poloze spínačů, resp. přepínačů (srov. Tabulky – elektřina).

Jelikož by cílem vyučujícího mělo být žáky probíraným tématem zaujmout, umožňuje naše souprava místo žárovek využít motorek s vrtulkou. Zároveň může modul s motorkem posloužit jako výuková pomůcka při probírání tématu elektromagnetismus. Na některých školách může totiž v rámci tohoto tématu vyučující řešit i problematiku principu fungování stejnosměrného elektromotoru. Toto téma však není nutné k naplnění výstupů RVP, nebudeme ho již proto v práci dále diskutovat.

V tomto tematickém celku vyučující využije tyto součástky: vodiče, žárovky, zdroj napětí, spínače, přepínače a motor. Informaci, že jsou spínač a přepínač principiálně stejné součástky a u spínačů pouze necháváme jeden pól nepřipojený, není v tuto chvíli dětem třeba sdělovat, mohlo by je to mást. Proto ve vyvíjené soupravě tyto dvě součástky oddělíme.

1.2.2 Elektrické veličiny

Ve druhém tematickém celku se věnujeme složitějším elektrickým obvodům, přičemž je třeba nejprve zopakovat učivo prvního celku, tedy obvody základní. Dále se žáci seznamují s elektrickými veličinami – proudem, napětím a odporem. Proto při výuce využijeme i měřicí přístroje – ampérmetry a voltmetry. Žák by po absolvování deváté třídy měl být schopen měřit proud a napětí (srov. RVP ZV, 2021, s. 67).

1.2.3 Polovodiče

Posledním vzdělávacím obsahem tématu elektřiny a magnetismu jsou vlastnosti polovodičů. Žák by měl být po dokončení devátého ročníku základní školy schopen správně zapojit polovodičovou diodu (srov. RVP ZV, 2021, s. 67). U usměrňovací diody není však na první pohled zřejmé, zda je zapojena propustným či závěrným směrem. Proto je ve výuce vhodné, pro větší názornost, používat svítivé diody (LED). U nich poznáme, zda proud prochází či nikoliv, podle toho, zda dioda svítí nebo ne.

2. Demonstrační soupravy pro výuku elektřiny

V této části bakalářské práce se budeme zabývat rešerší existujících demonstračních souprav pro výuku elektrických obvodů na základní škole, přičemž se zaměříme na výhody a nevýhody jejich praktického použití v hodině fyziky.

2.1 Kritéria výběru fyzikální pomůcky

Nejprve naši pozornost soustředíme na to, co je pro učitele při výběru soupravy do výuky nejen elektřiny důležité. Fyzikální pomůcka by měla být vždy taková, aby jasně ukazovala to, co chceme žákům demonstrovat – v našem případě elektrický obvod. Díky tomu si žák experiment snáze propojí s teoretickými poznatky o daném tématu (srov. Česáková, 2015, str. 16).

Z výše uvedených důvodů bude prvním kritériem, kterým se budeme u posuzovaných souprav zabývat, jejich názornost.

Fyzikální pomůcka by také měla, pokud možno, vydržet i trochu necitlivé zacházení. Proto budeme u posuzovaných souprav zkoumat také odolnost jejich konstrukce.

Při výběru pomůcek do výuky bude hrát velkou roli také jejich dostupnost, neboť většina dříve používaných pomůcek se dnes již nevyrábí.

Hlavním rozhodovacím kritériem při výběru pomůcky do výuky bude patrně cena¹ (srov. Česáková, 2015, str. 16).

V následujících kapitolách práce budeme analyzovat konkrétní soupravy. Každou zkoumanou soupravu nejprve popíšeme, poté svou pozornost zaměříme na základní způsoby jejího fungování. Následně se, dle výše uvedených kritérií, soustředíme na konkrétní kladné a záporné stránky analyzovaných souprav.

2.2 Konkrétní soupravy

V této práci provádíme rešerší pouze těch výukových souprav, o jejichž používání ve školní praxi víme, případně těch, které by se dle našeho názoru k tomuto účelu daly využít. Z těchto důvodů tedy následující výčet nelze v žádném případě považovat za kompletní.

¹ Pro jednoduché srovnání budeme v následujícím textu všechny ceny uvádět zaokrouhleně a včetně DPH.

2.2.1 Didaktik

Společnost Didaktik² vyrábí různé pomůcky pro výuku fyziky a chemie. Z hlediska výuky elektřiny pro nás budou zajímavé soupravy „Demo souprava – elektřina 1“ a „Demo souprava – elektřina 2“ (srov. Didaktik.cz).

2.2.1.1. Základní popis

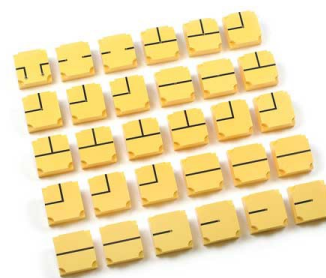
Obě soupravy se skládají ze čtvercových modulů, které se zasazují do panelu s otvory (viz Obrázek 1). Tento panel je možno umístit jak vodorovně, tak svisle. Cena panelu včetně stojanu pro umístění do svislé polohy je u výrobce 25 000 Kč (srov. Didaktik.cz – ceník, s. 11).

Souprava „Demo souprava – elektřina 1“ obsahuje pouze moduly s vodiči. Moduly s vodiči jsou v soupravě v mnoha různých provedeních tak, abychom při výuce mohli vytvořit všechny možné varianty elektrických obvodů (viz Obrázek 2). Z informací dostupných na webu dodavatele nedokážeme určit, jakým způsobem dochází k propojení jednotlivých modulů mezi sebou. Domníváme se však, že jsou vždy dvě vedlejší zdiřky v panelu vodiivě propojeny uvnitř desky. Výrobce tuto soupravu nabízí v ceně 17 000 Kč. (srov. Didaktik.cz – ceník, s. 11).

Modul „Demo souprava – elektřina 2“ obsahuje všechny elektrické součástky potřebné pro sestavení základních elektrických obvodů vyučovaných na ZŠ. V soupravě se nachází například moduly s žárovkou (resp. objímkou), baterií, rezistory s různými hodnotami odporu, motorem nebo tlačítky (viz Obrázek 3). Kromě těchto se v soupravě nachází i další součástky, které ale při výuce na ZŠ nevyužijeme, proto pro nás nejsou v tuto chvíli důležité. Tuto



Obrázek 1 – panel pro umístění modulů
zdroj: Didaktik.cz



Obrázek 2 – Demo souprava – elektřina 1
zdroj: Didaktik.cz



Obrázek 3 – Demo souprava – elektřina 2
zdroj: Didaktik.cz

² www.didaktik.cz

soupravu lze pořídit za 25 000 Kč. (srov. Didaktik.cz – ceník, s. 11).

Sadu můžeme dále doplnit o „Demo soupravu – elektronika“, která rozšiřuje možnosti jejího využití při výuce. Obsahuje kondenzátory, LED a proměnné odpory.

2.2.1.2. Výhody a nevýhody

Princip fungování této soupravy je dle našeho názoru velmi dobře promyšlen. Každý modul je doplněn schématickou značkou příslušné součástky. Při sestavení elektrického obvodu na panel tedy uvidíme schéma obvodu, které při výuce budeme kreslit na tabuli, resp. žáci do sešitu. Toto považujeme za jednoznačnou výhodu této soupravy.

Princip umístění modulů do panelu může ovšem způsobit, že nebude možno některé komplikovanější (více rozvětvené) obvody sestavit. Z dostupných informací o soupravě totiž vyplývá, že souprava např. neobsahuje modul, který by umožňoval nevodivé křížení vodičů.

Nevýhodu této sady spatřujeme v tom, že úplně nerespektuje princip názornosti, neboť je celý obvod krytý plastovými krabičkami modulů. Není totiž velký rozdíl, zda schéma nakreslíme na tabuli, nebo poskládáme z kostiček na panel. Jediným rozdílem je, že u takto sestaveného obvodu můžeme ověřit jeho funkčnost.

Tuto soupravu je možno z výukového hlediska nahradit jedním z appletů – např. Circuit Simulator, které jsou zpravidla dostupné na internetu zdarma (srov. Dvořák, 2022).

Jednoznačnou nevýhodou této soupravy je pak její pořizovací cena, neboť pro výuku základních obvodů na ZŠ je třeba zakoupit soupravy v celkové ceně necelých sedmdesát tisíc korun, což je na takovouto fyzikální pomůcku velmi vysoká částka.

Z hlediska kritérií uvedených v této práci nepovažujeme soupravu za úplně vhodnou pro pořízení do sbírek fyziky základních škol.

2.2.2 Fyzikální šuplík

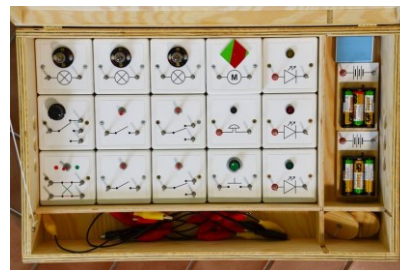
Na webu Fyzikálního šuplíku³ lze pořídit fyzikální pomůcky pro výuku elektřiny, magnetismu a optiky. Vzhledem k tématu této bakalářské práce nás budou

³ www.fyzikalnisuplik.cz

zajímat soupravy pro výuku elektrických obvodů. Na webu lze k tomuto tématu zakoupit dva typy souprav – učitelké a žákovské (srov. Fyzikální šuplík).

2.2.2.1. Základní popis

Součástky v obou typech souprav jsou usazeny na plastových krabičkách. Některé součástky (např. žárovka) jsou umístěny na vrchu krabičky a připojení je realizováno pomocí železných kontaktů, jiné (např. ovládací prvky – spínače, tlačítka etc.) jsou schovány uvnitř a přístupná je pouze mechanická část určená pro ovládání. Všechny krabičky jsou doplněny schematickou značkou příslušné součástky (srov. Piskač a, s. 1). Tato souprava je k vidění na Obrázku 4.



Obrázek 4 – souprava Učitelké elektrické obvody
zdroj: Piskač a

Souprava „Učitelké elektrické obvody“ je určena k výuce základů elektrických obvodů. Souprava obsahuje důležité součástky, které lze využít při výuce tohoto tematického bloku – žárovky, vypínače, přepínače, baterii (srov. Piskač a, s. 2). Celá souprava je magnetická, tudíž ideální k demonstraci ve třídě na magnetické tabuli. Jednotlivé moduly se propojují vodiči s krokosvorkami, které jsou taktéž součástí sady. Cena této soupravy je 8 400 Kč.

Rozšířením této sady je souprava „E 06 Učitelké elektrické obvody II – rozšíření pro 8. třídu“. V tomto rozšíření se vyskytují mimo jiné rezistory, termistor, fotorezistor, reostat a potenciometr (srov. Piskač b, s. 2). Ve druhém tematickém celku ⁴ se žáci seznamují s měřením elektrického proudu a napětí a učí se o Ohmově zákonu pro část obvodu



Obrázek 5 – souprava Učitelké elektrické obvody II
zdroj: Piskač b

(srov. RVP ZV, 2017 s. 65). Zde využijeme rezistory, které se v rozšíření vyskytují. Souprava obsahuje taktéž železné drátky pro praktické ukázky zkratu. Toto rozšíření lze zakoupit za 5 800 Kč. Rozšíření je možno vidět na Obrázku 5. Přístroje k měření elektrických veličin se v sadě nevyskytují, je nutno je pořídit zvlášť.

⁴ dle námi zvoleného rozdělení uvedeného v kapitole 1

Při výuce polovodičů využijeme LED (z první soupravy), oceníme taktéž možnost srovnat jejich voltampérovou charakteristiku s tou u rezistoru (v rozšíření).

2.2.2.2. Výhody a nevýhody

Nespornou výhodou této soupravy je jednoznačně respektování principu názornosti. Součástky jsou zde spojovány skutečnými vodiči, což pokládáme za velmi názorné. Další předností této sady je to, že jednotlivé prvky mohou být uchyceny na magnetickou tabuli, což při výuce fyziky určitě uvítáme.

Velice přínosná je pro nás také možnost pořídit k soupravě její žákovskou kopii pro samostatnou práci žáků. Žáci mohou v tom případě pracovat paralelně s námi a všechny experimenty si vyzkoušet. Žákovská sada pro 12 skupin stojí celkem 20 000 Kč, rozšíření stojí dalších 9 000 Kč (srov. Fyzikální šuplík).

Cena je také jeden z kladů soupravy učitelské. S celkovou cenou 14 200 Kč ji považujeme za dostupnou pro fyzikální kabinety škol. Vzhledem ke konstrukci jednotlivých modulů usuzujeme, že by souprava měla vydržet i nešetrné zacházení.

Souprava je dle našeho názoru velmi dobře řešena, nenalezli jsme na ní žádné nevýhody. Z hlediska kritérií uvedených v této práci lze tedy danou pomůcku školním kabinetům fyziky doporučit.

2.2.3 Boffin

Boffin je oblíbená stavebnice pro skládání nejrůznějších elektrických obvodů. Stavebnice je prodávána jako hračka, splňuje evropskou normu pro elektrické hračky ČSN EN 62155 (srov. Boffin a, s. 1), ale lze ji využít jako výukovou pomůcku pro výuku elektrických obvodů.

2.2.3.1. Základní popis

Výrobky Boffin jsou koncipovány tak, že se na základní plastovou desku umísťují jednotlivé součástky. Součástky se na podložku připevňují a mezi sebou propojují pomocí patentek. Vodiče jsou řešeny jako vodivě spojená řada patentek různé délky (viz Obrázek 6). Tento koncept umožňuje vodivě propojovat vodiče (resp. součástky) do vrstev nad sebou. Jako zdroj



Obrázek 6 – vodiče ve stavebnici Boffin

napětí v soupravách Boffin slouží dvě AA baterie umístěné v držáku upraveném pro uchycení na základní desku (srov. Boffin a, s. 3).

Souprava Boffin vyšla zatím ve třech generacích (srov. Boffin b) Soupravy generace II jsou více komplexní, slouží především k vývoji komplikovanějších projektů (lze si např. sestavit „vlastní dům“, zkoumat zelenou energii, pracovat s 3D brýlemi) (srov. Boffin c). Souprava generace III je kompatibilní se stavebnicemi LEGO (srov. Boffin d), jedná se tedy spíše o hračku než o fyzikální pomůcku. Z těchto důvodů nepovažujeme soupravy generací II a III za vhodné pro výuku základních elektrických obvodů na ZŠ, proto je v dalším textu nebudeme diskutovat.

Zajímavější pro nás ale budou soupravy generace I. Soupravy Boffin I lze pořídit ve třech různých variantách, které se liší pouze množstvím součástek. Základní souprava (Boffin 100) obsahuje 30 součástek, další pak 60, resp. 75, přičemž rozsáhlejší souprava obsahuje vždy totéž, co ta s menším počtem součástek a nějaké díly navíc (srov. Boffin e).

Varianta Boffin 100 je základní soupravou. Obsahuje námi požadované základní součástky pro výuku elektrických obvodů na ZŠ – např. vypínač, LED, rezistor, žárovku. Každá z těchto součástek se v soupravě vyskytuje právě jednou. Mimo tyto součástky obsahuje i moduly s integrovanými obvody (srov. Boffin a, s. 2).

Rozsáhlejší varianta (Boffin 300) obsahuje navíc více rezistorů s různými hodnotami odporu, zelenou LED. Ze součástek nad rámec námi požadovaných (pro ZŠ) obsahuje souprava například kondenzátory nebo tranzistory (srov. Boffin a, s. 51).

2.2.3.2. Výhody a nevýhody

Soupravu Boffin 100, která dle našich kritérií obsahuje téměř všechny potřebné součástky, lze pořídit za cenu okolo 600 Kč⁵, což považujeme za cenu velmi přívětivou.

Nevýhodou této soupravy je, že nebyla navržena pro demonstrační účely v hodinách fyziky a není tedy k tomuto uzpůsobena. Věříme však, že by ji, po drobné úpravě základní desky, bylo možno k těmto účelům využít.

⁵ soupravu lze zakoupit např. na e-shopu Mall.cz <https://www.mall.cz/elektronicke-stavebnice/boffin-100>

Jednoznačnou nevýhodu spatřujeme v tom, že souprava obsahuje moduly s hotovými integrovanými obvody. Dítě, resp. žák nemá možnost zjistit, jak daný obvod funguje. Z příručky pouze pochopí, jak má který kontakt zapojit, aby vše správně fungovalo. Toto naprosto odporuje principu názornosti.

Soupravu Boffin lze – s ohledem na námi stanovená kritéria – považovat pro výuku elektrických obvodů na základní škole za vhodnou, avšak za předpokladu, že budeme pracovat pouze se základními součástkami v soupravě obsaženými.

2.2.4 Voltík

Stavebnice Voltík byla (stejně jako Boffin) vytvořena jako dětská hračka, vhodná – dle informací výrobce – pro děti od 6 let. Tato stavebnice se vyrábí ve třech různých soupravách. (srov. Stavebnice Voltík).

2.2.4.1. Základní popis

Konstrukce této stavebnice je pojata velmi zajímavým způsobem. Všechny součástky jsou napevno umístěné v základním panelu. Elektrický obvod vzniká tak, že propojujeme jednotlivé součástky vodiči (součástí soupravy), aniž bychom s nimi pohybovali. Součástky jsou doplněny příslušnými schematickými značkami. Celou soupravu lze vidět na Obrázku 7.



Obrázek 7 – souprava Voltík I.
zdroj: Stavebnice Voltík

Jelikož ale se součástkami nelze pohybovat, může dojít k tomu, že nejsou některé složitější obvody přehledné. Není totiž možné je narovnat tak, aby byly „dokola“.

Napájení těchto souprav zajišťují tužkové monočlánky typu AA, které se vloží do základního panelu (srov. Příručka ke stavebnici Voltík I, s. 3). Propojování vodičů je vymyšleno, dle našeho názoru, velice zajímavým způsobem. Odizolovaný konec vodiče se zasune do kontaktní zdičky a utěsní se gumovým kolíkem (viz Obrázek 8).



Obrázek 8 – připojení vodiče
zdroj: Příručka ke stavebnici Voltík I

První souprava neobsahuje mnoho součástek, nicméně pro první seznámení se s problematikou elektrických obvodů dostačuje. Souprava obsahuje LED, jeden

přepínač, tři tlačítkové spínače a potenciometr (srov. Příručka ke stavebnici Voltík I, s. 9).

Souprava druhé úrovně je, co do množství součástek, již bohatší. Obsahuje rezistory různých hodnot odporu a potenciometr, což využijeme při výuce druhého tematického celku.⁶ Zároveň ale neobsahuje žádné ovládací prvky (tlačítka, přepínače) a případné využití je možné pouze dohromady se soupravou první (srov. Příručka ke stavebnici Voltík II, s. 82).

Podobně jako u stavebnice Boffin je nejvyšší (třetí) úroveň stavebnice pro naše potřeby nevhodná. Obsahuje totiž součástky ke studiu logických obvodů a logických funkcí (srov. Příručka ke stavebnici Voltík III).

2.2.4.2. Výhody a nevýhody

Za jednoznačnou výhodu této soupravy považujeme její pořizovací cenu. Vycházejme z varianty, že bychom chtěli pořídit soupravu Voltík I. a Voltík II., neboť jsme výše konstatovali, že tyto k pokrytí veškeré látky vyučované na základní škole stačí. Cena se za tyto soupravy dohromady pohybuje okolo 1 600 Kč⁷ (srov. Stavebnice Voltík). Soupravu bychom tedy mohli pořídit v takovém počtu, aby mohli pracovat všichni žáci ve třídě.

Další výhodou této soupravy je, že jsou jednotlivé součástky doplněny příslušnou schematickou značkou.

K demonstračním účelům však tato souprava není vhodná, neboť nerespektuje námi požadovaný princip názornosti. Žáci do většiny součástek nevidí, a proto nemohou pochopit, jak elektrický obvod funguje (např. u přepínače). Zároveň žáci na zapojené obvody na této soupravě dobře nevidí, pokud ji např. umístíme před tabulí.

Námi požadovaná kritéria na demonstrační soupravu tato souprava nesplnila. Jistý potenciál ale vidíme v jejím použití žáky. Soupravu by bylo možno využívat jako žákovskou alternativu k jiné, názornější, demonstrační sadě.

⁶ dle námi popsaného rozdělení uvedeného v kapitole 1

⁷ Soupravu lze zakoupit na webu výrobce www.voltik.cz.

2.2.5 Conatex

Společnost Conatex nabízí na svém webu mnoho učebních pomůcek do výuky, mimo jiné i fyziky. K námi diskutovanému tématu se váže souprava „Demonstrační sada jednoduché elektrické obvody s magnetickým uchycením“ (srov. conatex.cz).

2.2.5.1. Základní popis

Souprava se skládá z několika modulů obsahujících základní součástky (např. vypínače, patice pro žárovky E10, červenou LED nebo rezistory) (srov. conatex.cz). Součástky se mezi sebou propojují pomocí vodičů s banánky, které souprava taktéž obsahuje.

Každý modul je doplněn příslušnou schematickou značkou součástky. Celá souprava stojí přibližně 14 500 Kč (srov. conatex.cz). Měřicí přístroje souprava neobsahuje, je nutno je pořídit zvlášť.



Obrázek 9 – souprava Conatex
zdroj: conatex.cz

2.2.5.2. Výhody a nevýhody

Za výhodu této soupravy považujeme to, že jsou moduly bytelné, měly by tedy vydržet i relativně necitlivé zacházení. I když souprava obsahuje většinu součástek využívaných ve výuce elektrických obvodů, postrádá přepínače, což je dle našeho názoru nezbytná součástka.

Další výhodou soupravy jsou schematické značky součástek, kterými jsou všechny moduly doplněny. Dochází však k tomu, že jsou ze součástek vidět prakticky jen jejich schematické značky, což žákům brání pozorovat, jak daná součástka funguje. Toto odporuje námi požadované názornosti fyzikální pomůcky.

Vzhledem k výše uvedeným faktům nepovažujeme pomůcku za příliš vhodnou pro využití ve výuce. Pořizovací cena je, vzhledem k počtu součástek, velmi vysoká.

3. Vývoj vlastní soupravy

3.1 Cíl vývoje

Jak jsme již v úvodu práce avizovali, cílem této práce je zhotovení soupravy pro výuku elektrických obvodů, která odpovídá úrovni výuky fyziky na základní škole a současně splňuje všechna kritéria, jež uvádíme v rešerších. Soupravu koncipujeme tak, aby si ji učitelé mohli pro své potřeby vyrobit sami. Ačkoli je námi navrhovaná souprava kompaktní, nijak tím nevylučujeme možnost soupravu doplnit o další, nové, moduly (např. pro případné rozšíření okruhu vyučované látky). Souprava je navržena tak, aby pokrývala témata, která jsou do výuky na základních školách v tematických celcích týkajících se elektrických obvodů a polovodičů běžně zařazovaná (viz kapitola 1).

3.2 Počáteční úvahy

V této části textu bychom rádi popsali, z čeho jsme před zahájením vývoje vycházeli. Zřejmé bylo, že by se souprava měla skládat z modulů osazených jednotlivými součástkami. Jelikož se jedná o demonstrační soupravu, mělo by být možné ji umístit na tabuli tak, aby na ni žáci dobře viděli. Z tohoto důvodu vznikl koncept magnetických modulů.

První variantou bylo vytvořit tyto moduly ze dřeva. Od tohoto nápadu jsme rychle upustili, výroba takovýchto modulů by byla výrazně náročnější (na zručnost i časově). Toto by nekorespondovalo s naším cílem, aby si učitelé soupravu mohli relativně jednoduše vytvořit v podmínkách školy.

Proto jsme přistoupili k variantě tvořit moduly pomocí 3D tisku. Velkou výhodou spatřujeme v tom, že lze soubory s 3D modely jednoduše elektronicky sdílet. Zároveň by v dnešní době mělo být pro školy poměrně snadné 3D tiskárnu získat, například díky programu Průša pro školy (srov. Průša pro školy).

Předmětem další diskuse bylo, jakým způsobem budeme hotové moduly propojovat. Mohli bychom například vytvořit podložku, která by se umístila na tabuli. Tato podložka by na sobě měla vytvořené schéma (bez součástek) z měděné vodivé pásky. Osazením modulů na takovouto podložku by došlo k jednoduchému sestavení elektrického obvodu. Limitující by bylo, že bychom nemohli skládat libovolně komplikované, rozvětvené, obvody. Proto jsme tuto myšlenku opustili a přiklonili se k variantě propojovat moduly mezi sebou pomocí vodičů. Problematika propojovacích

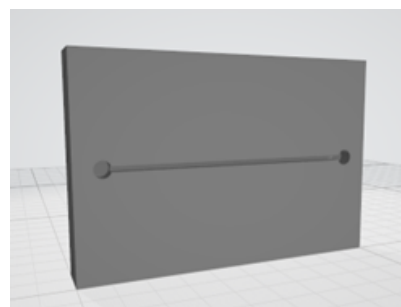
vodičů prošla poměrně dlouhým vývojem, proto se jí budeme věnovat samostatně v jedné z dalších kapitol.

3.3 Vývoj modulů

3.3.1 První návrh – rezistor

První navržené moduly byly vymodelovány tak, že jeden magnet sloužil zároveň k připojení vodiče i k uchycení na tabuli. Jako úplně první modul byl zvolen rezistor, a to z toho důvodu, že jeho modul nepotřeboval žádné speciální vytvarování pro umístění součástky. Zvolili jsme kulaté neodymové magnety průměru 5 mm o výšce 2, resp. 3 mm. Toto řešení se však neosvědčilo.

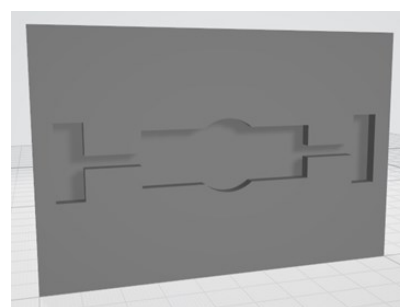
Tyto magnety měly jednak poměrně malou sílu (modul sotva udržely na tabuli) a zároveň byl velký problém na ně vodič naletovat (což se ukázalo být problémem při celém vývoji). První navržený modul je k vidění na Obrázku 10.



Obrázek 10 – první modul rezistoru

3.3.2 Druhý návrh – žárovka

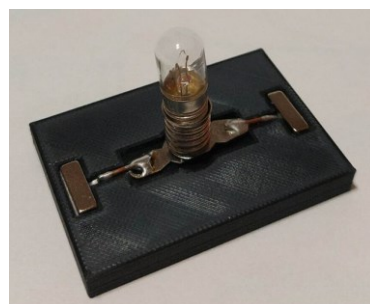
Od kulatých magnetů jsme tedy z výše uvedených důvodů upustili a zvolili magnety tvaru kvádrů. Rozměry tohoto prototypu byly 80×60 mm. Během tisku modulu na 3D tiskárně se dovnitř vložily dva neodymové magnety rozměru 12×4×2 mm. Tyto magnety umožnily přichytit modul na tabuli, což byl jeden z našich požadavků. V horní části modulu měla být vždy vytvarována prohlubeň pro daný typ součástky a nějaká možnost připojení.



Obrázek 11 – návrh modulu žárovky

V této fázi vývoje již bylo jasné, že vodiče budou realizovány taktéž na magnetické bázi, aby se obvody sestavovaly co nejjednodušeji. V horní části výtisku byl tedy otvor pro umístění magnetu, který by byl naletován na vodič připojený k součástce. Takto jsme vytvořili modul žárovky (viz Obrázek 11).

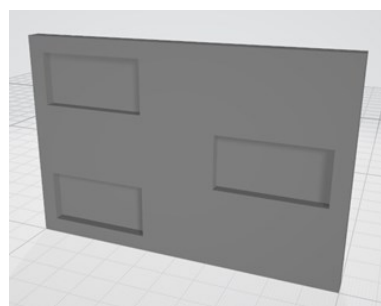
Výtisk byl osazen objímkou na žárovku se závitem E10⁸, k níž byl naletován drát, který na druhém konci končil na magnetu. Tento připojovací magnet byl stejného rozměru, jako magnet uvnitř. Byl umístěn polaritou tak, aby se oba magnety nad sebou navzájem přitahovaly a tím snižovaly pravděpodobnost odtržení horního magnetu. Takto vytvořený modul byl již plně funkční. Kvádrové magnety bylo poměrně dobře možné letovat na vodiče. Tento princip se osvědčil. První vyrobený modul žárovky je na Obrázku 12.



Obrázek 12 – první modul žárovky

3.3.3 Přepínač

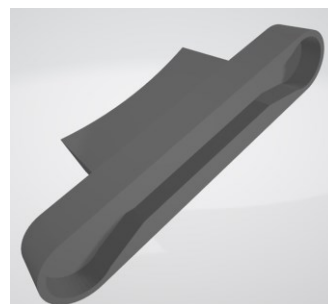
Další, poměrně důležitou součástí, kterou bylo třeba navrhnout, byl přepínač. Nechtěli jsme využít možnost osadit modul sériově vyráběným přepínačem, neboť bychom tím šli proti námi požadovanému principu názornosti. Z tohoto důvodu jsme tuto součástku chtěli navrhnout tak, aby byl princip jejího fungování žákům naprosto zřejmý.



Obrázek 13 – návrh spodní části přepínače

Spodní část přepínače tvoří destička s otvory na tři magnety o rozměru 20×10 mm. Jeden měl sloužit jako společný pól přepínače, druhé dva byly určeny pro přepínání. Tato část se obejde zcela bez pájení.

Funkčnost přepínače zajišťuje ovládací mechanismus. Ten je tvořen páčkou, která má ve spodní části dutinu. Do této dutiny se vloží dva kruhové magnety, které jsou spojeny vodičem (viz Obrázek 14). Jelikož je protikus (velký magnet v podstavci) dostatečně silný, nevadí, že se magnety letováním nepatrně poškodí. Protože



Obrázek 14 – model ovládacího mechanismu

⁸ Celosvětový formát označování závitů (resp. patic) světelných zdrojů. E10 je paticí žárovky běžně používané na fyzikálních pomůckách (a dříve např. v kapesních svítilnách).

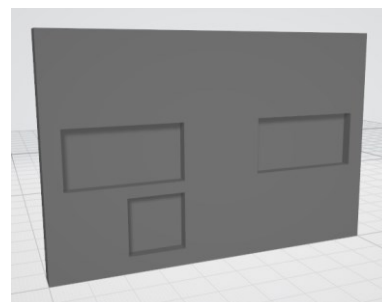
však magnetické vlastnosti letováním nezmizí úplně, bylo při výrobě potřeba dbát na polaritu.

Poslední částí, ze které se přepínač skládá, je kryt, kterým se zabrání tomu, aby šla pohyblivá páčka odebrat ze spodní části. Celý přepínač byl původně dimenzován na rozměr modulu žárovky (6×4 cm), ale později jsme jeho velikost zvětšili tak, aby odpovídala rozměrům nově navrhovaných modulů.

3.3.4 Vypínač

Ačkoli se v principu a technické praxi jedná o jednu a tutéž součástku, bývá přepínač od vypínače na základních školách odlišován (srov. Metodika Heuréky – elektrické obvody I.), což jsme se rozhodli při vývoji naší sady respektovat.

Vypínač je vyroben na stejném principu jako přepínač, pouze druhý magnet není vyvedený ven (nelze k němu připojit vodič), neboť se jedná o magnet rozměru 10×10 mm (poloviční). Pro lepší představu přikládáme obrázek 3D modelu na Obrázku 15.



Obrázek 15 – návrh spodní části vypínače

3.3.5 Zdroj

Jako zdroj jsme nejprve zamýšleli využít powerbanku. Powerbanka je zdrojem, který lze jednoduše nabíjet (pomocí USB kabelu). Nevýhodou takového zdroje je fakt, že nevíme, jak se powerbanka zachová v případě zkratu. Zároveň by se mohlo stát, že by odebíraný proud nebyl dostatečný a došlo by k vypnutí powerbanky.

Jako náhradu původně zamýšlené powerbanky jsme se rozhodli využít držák na tři tužkové AA baterie (viz Obrázek 16). Ten nabízí mnoho alternativ, jaké články do něj vložit, což považujeme za výhodu.

Námi doporučenou variantou jsou AA monočlánky, které lze dobíjet pomocí mikro-USB kabelu. Tyto články jsou navíc dle technické specifikace vybaveny ochranou proti zkratu, úplnému vybití a přebití. Jejich výhodou je rovněž fakt, že články drží konstantní napětí 1,5 V až do

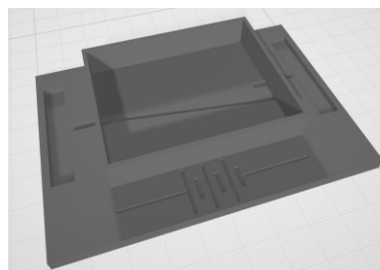


Obrázek 16 – držák na baterie zdroj: gme.cz

úplného vybití (srov. Svítilny Fénix). Nedochozí tedy k postupnému poklesu napětí jako u běžných článků. Drobnou nevýhodou se zdají být relativně vyšší pořizovací náklady. Jeden článek vyjde na zhruba 250 Kč⁹. I přesto se nám tato možnost jeví jako nejlepší.

Dalšími alternativami jsou běžné dobíjecí AA baterie, případně klasické jednorázové monočlánky. Tato volba bude záviset na finančních možnostech školy, případně na tom, jakým vybavením již škola disponuje. Výběr alternativy nemá vliv na funkčnost takto vytvořeného zdroje.

Zvolený držák bylo třeba upravit tak, aby zapadal do celkového konceptu soupravy, tedy aby byla možnost jej zapojit do obvodu pomocí magnetických vodičů. Celý držák jsme umístili do vytištěného 3D modelu a vodiče přiletovali k magnetům. Zvolili jsme poměrně velké (a tedy i silnější) magnety – kvádry o rozměrech 40×7×3 mm, vzhledem k možnému připojení více vodičů najednou a vyšší hmotnosti zdroje. Výsledný 3D model je vidět na Obrázku 17.



Obrázek 17 – modul zdroje

Modul zdroje je větší než ostatní moduly (vzhledem k velikosti samotného držáku), což ale nepovažujeme nutně za problém. Zároveň byl zdroj prvním modulem, který byl doplněn o schematickou značku. Značka je ve spodní desce vyhloubena. Do této prohlubně je zasazen o 0,1 mm menší tvar vytištěný z filamentu jiné barvy.

3.3.6 Měřicí přístroje

Pro výuku druhého tematického celku problematiky elektrických obvodů¹⁰, tedy měření elektrických veličin, Ohmova zákona etc. je důležité, aby námi vyvíjená souprava obsahovala měřicí přístroje – ampérmetry a voltmetry. Zvolili jsme měřicí přístroje ve stejném technickém provedení, aby bylo pro oba možno využít tentýž 3D model.



Obrázek 18 – použitý voltmetr zdroj: gme.cz

⁹ články lze zakoupit například na www.kronium.cz

¹⁰ dle námi zvoleného rozdělení uvedeného v kapitole 1

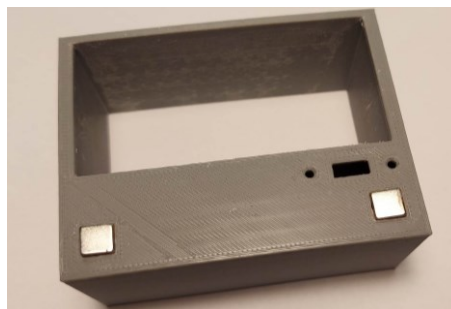
Použitý voltmetr ukazuje Obrázek 18. Obrázek ampérmetru do práce nezařazujeme, jelikož je vzhledově naprosto identický.

Rozsahy obou měřicích přístrojů volíme s ohledem na riziko jejich zničení. Použitý voltmetr má rozsah do 20 V, ampérmetr do 1 A. Měřicí přístroje je třeba napájet stejnosměrným napětím 9-12 V (srov. gme.cz), my k napájení využíváme 9V baterii.

Moduly měřicích přístrojů jsme navrhli tak, aby zapadly do celkového konceptu soupravy, tedy, abychom je mohli magneticky připevnit na tabuli. Samotné měřicí přístroje jsou poměrně velké a těžké, zároveň je třeba do modulu umístit i 9V baterii, proto musel být navrhovaný model rozsáhlý a magnety uvnitř dostatečně silné.

To, že se modul skládá ze dvou částí spojených šrouby, umožňuje jednoduchou výměnu vybité baterie. K možnému vypnutí měřicího přístroje slouží jednoduchý vypínač.

V prvním návrhu byly kontaktní magnety umístěny na horní části modulu a přiletovány zespodu. V horní části desky se taktéž nacházel vypínač. Takto vytvořený model je vidět na Obrázku 19.

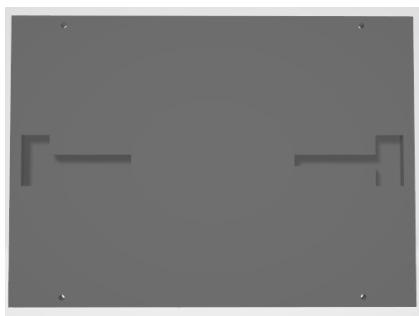


Obrázek 19 – první návrh měřicího přístroje

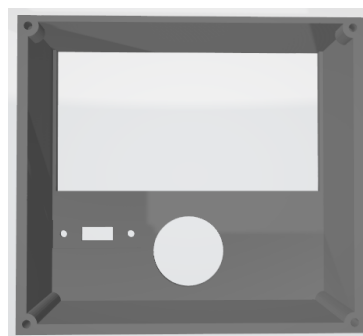
Tento návrh se neosvědčil, neboť při letování magnetů na pól docházelo k výrazné ztrátě jejich magnetických vlastností. Z tohoto důvodu jsme od daného návrhu upustili.

Při tvorbě druhého návrhu jsme vycházeli z konceptu modulů se žárovkami. Krabička s měřicím přístrojem byla přišroubována ke spodní destičce opatřené jak magnety na připojení k tabuli, tak magnety kontaktními.

Obě části modelu jsou uzpůsobeny ke spojení pomocí šroubků. Vrchní část obsahuje kromě otvoru na přepínač zároveň otvor na vlepení schematické značky, která je vytištěna zvlášť. Spodní část je vybavena otvory na kontaktní magnety, zároveň uvnitř obsahuje místo pro vložení šesti magnetů, které budou zajišťovat přichycení na tabuli. Spodní, resp. vrchní část modelu je vidět na Obrázku 20, resp. 21. Takto sestavený měřicí přístroj byl již plně funkční.



Obrázek 20 – spodní část modelu



Obrázek 21 – vrchní část modelu

3.4 Finální verze modulů

Podrobný popis všech modulů včetně technických parametrů a návodu na výrobu je k dispozici v Příloze č. 1.

3.4.1 Změna rozměrů

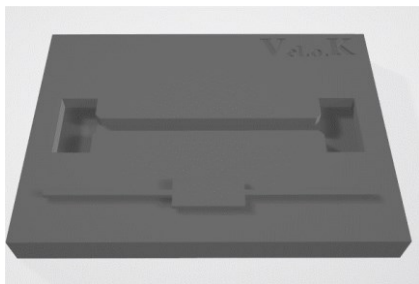
Po dokončení prototypů jsme dospěli k závěru, že magnety pro připojení vodičů o velikosti 12×4×2 mm jsou poměrně malé a nemusely by stačit pro připojení více než jednoho vodiče. Z tohoto důvodu jsme se rozhodli na kontakty modulů využít větší magnety (13×7×3 mm). Vnitřní magnety jsme ponechali v původní velikosti. Modely jsme upravili tak, že malé magnety uvnitř a velké na povrchu mají střed nad sebou, aby nedocházelo k tomu, že by vnitřní magnety působením síly pohybovaly magnety nahoře.

Z výše uvedeného důvodu jsme se rozhodli, že bude praktičtější, pokud budou moduly se součástkami větší než původně zamýšlených 40×60 mm. Jako finální rozměr jsme stanovili 70×50 mm. Moduly zdroje a měřicích přístrojů nebylo možno v tomto rozměru vyrobit, a to z toho důvodu, že samotné součástky některý z rozměrů modulu přesahují. Přišlo nám ale zbytečné volit rozměr všech modulů dle těchto největších. Proto jsme se rozhodli, že moduly zdroje a měřicích přístrojů nebudou definovaný společný rozměr modulů respektovat a budou větší.

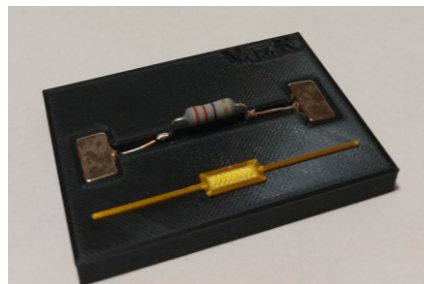
Současně jsme se rozhodli, že všechny moduly budou obsahovat příslušnou schematickou značku. V této chvíli mohla začít výroba konečné verze jednotlivých modulů.

3.4.2 Rezistor

Pro výuku Ohmova zákona je rezistor důležitým prvkem. Z tohoto důvodu jsme do soupravy dodali modul obsahující tuto součástku. Volbu hodnoty odporu použitého rezistoru necháváme na uživateli. Z tohoto důvodu je modul doplněn pouze schematickou značkou, nikoli však číselnou hodnotou odporu (viz Obrázek 22, resp. 23). V námi vyráběné soupravě volíme rezistory o velikosti odporu $22\ \Omega$, resp. $100\ \Omega$.



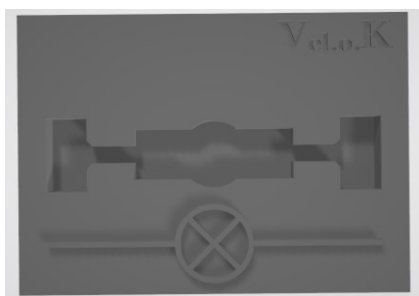
Obrázek 22 – 3D model rezistoru



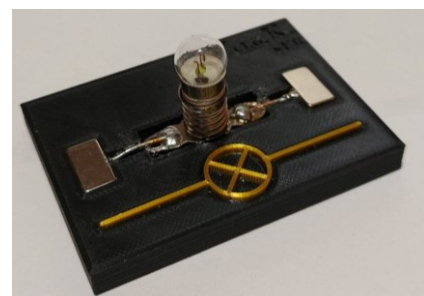
Obrázek 23 – výsledný modul rezistoru

3.4.3 Žárovka

Základní prvek výukových souprav (žárovka) doznal jen nepatrných změn – zvětšení rozměru modulu na nově stanovených 70×50 mm a zvětšení připojovacích magnetů. Kosmetickou úpravou je pak doplnění schematické značky žárovky. Ve finální podobě ukazuje 3D modul žárovky Obrázek 24, výsledný výrobek je pak na Obrázku 25.



Obrázek 24 – 3D model žárovky

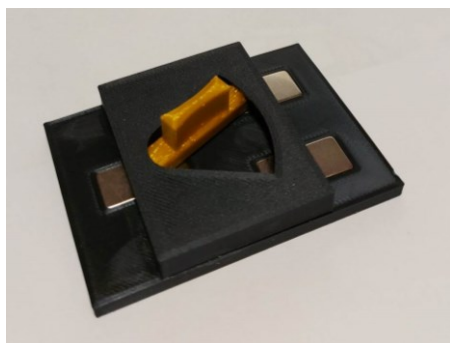


Obrázek 25 – výsledný modul žárovky

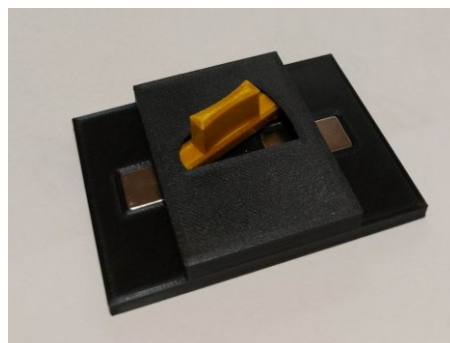
3.4.4 Přepínač, vypínač

Princip fungování prototypů přepínače a vypínače se osvědčil. Z těchto důvodů došlo jen k drobným úpravám. První z nich bylo zvětšení rozměrů na nově stanovené rozměry všech modulů. Původně bylo víko připevněno ke spodní části pomocí vteřinového lepidla, což se neosvědčilo. Jednalo se totiž o krok nevratný a nebylo možné modul upravit, resp. opravit. Z tohoto důvodu jsme doplnili spodní i vrchní část

otvory pro spojení pomocí šroubů. Šrouby nejsou shora patrné, proto jejich použití nenaruší celkový vzhled součástek. Výsledné součástky jsou vidět na Obrázku 26, resp. 27.



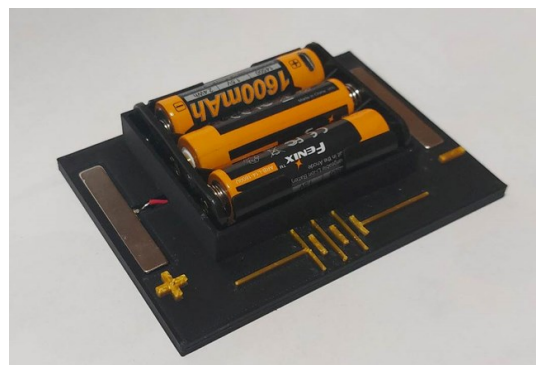
Obrázek 26 - výsledný modul přepínače



Obrázek 27 - výsledný modul vypínače

3.4.5 Zdroj

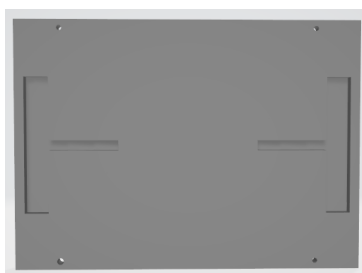
Modul zdroje se od prototypu již téměř neliší, pouze jsme ke kontaktním magnetům doplnili plus, resp. minus dle polarity zdroje. Finální výrobek lze vidět na Obrázku 28.



Obrázek 28 - výsledný modul zdroje

3.4.6 Měřicí přístroje

Prototyp měřicího přístroje doznal již jen drobných změn. Svrchní část zůstala v nezměněné podobě. U spodní části jsme opustili myšlenku uchycení na tabuli pomocí šesti magnetů uvnitř. Namísto toho jsme zvolili možnost zvětšit kontaktní magnety do velikosti stejné, jako má zdroj (40×7×3 mm). Tyto magnety mají poměrně velkou sílu, díky čemuž udrží modul na tabuli bez nutnosti použití dalších magnetů. Výsledný model spodní části je vidět na Obrázku 29. Sestavený modul pak ukazuje Obrázek 30.



Obrázek 29 – spodní část modulu měřicího přístroje

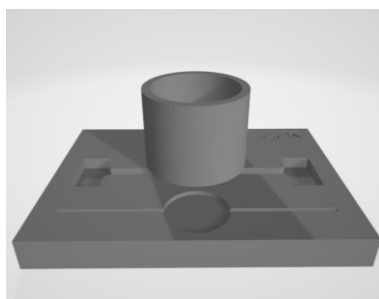


Obrázek 30 – finální měřicí přístroj

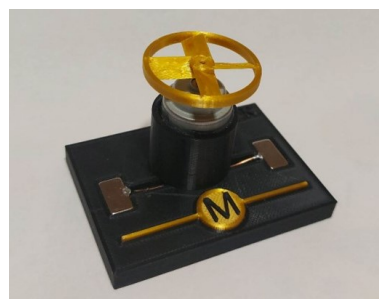
3.4.7 Motor

Aby byla výuka fyziky pro žáky zajímavá, rozhodli jsme se do naší soupravy vyrobit i modul s elektromotorem. Modul je vymodelován tak, aby byla konstrukce motoru co nejvíce zakrytá výtiskem z 3D tiskárny. Proto jsme na horní část modelu umístili dutý válec, který svým vnitřním rozměrem odpovídá velikosti prodáváných motorků. Velikost modulu respektuje stanovených 70×50 mm.

Aby bylo na první pohled vidět, zda se osa motoru otáčí či nikoliv, připevníme na ni vrtulku vytištěnou na 3D tiskárně. Výsledný 3D model modulu je vidět na Obrázku 31, samotný výrobek pak ukazuje Obrázek 32.



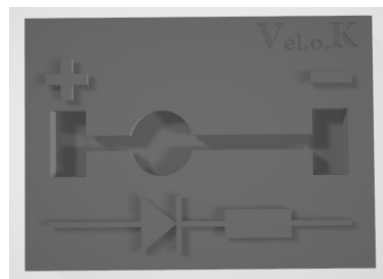
Obrázek 31 – 3D model motoru



Obrázek 32 – výsledný modul motoru

3.4.8 LED

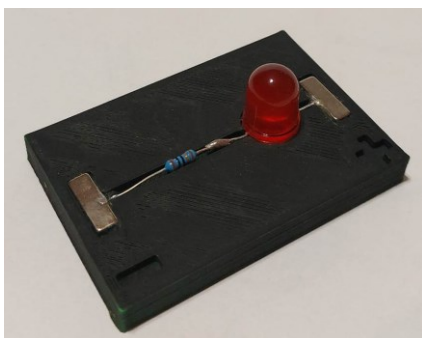
Jednou z dalších součástí, kterou považujeme za důležitou, je svítivá dioda (LED). Aby vyučující mohl zapojit hotový modul přímo na zdroj a nehrozilo, že dojde k jeho zničení, bylo třeba přímo na modul umístit zároveň i předřadný rezistor. Tento rezistor slouží k tomu, abychom proud protékající diodou a napětí na diodě omezili na výrobcem definované hodnoty (srov. Šika, 2021).



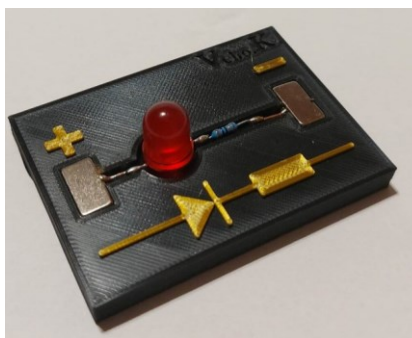
Obrázek 33 – 3D model LED

Nepřišlo nám příliš vhodné, aby byl rezistor schovaný uvnitř modulu. V žácích by to mohlo vzbudit dojem, že LED lze zapojit přímo na zdroj, aniž by byla jakkoli ohrožena. Proto je modul vymodelován tak, aby bylo zapojení zřejmé. Zároveň je doplněn i o schematickou značku rezistoru. Jelikož by pro žáky mohlo být náročné si pamatovat, která část schematické značky je katoda, resp. anoda, doplnili jsme kontakty o znaménka minus, resp. plus (viz Obrázek 33).

Doporučujeme učitelům soupravu vybavit LED různých barev. Námi vytvořená souprava obsahuje LED červenou, žlutou a zelenou. Výsledný modul s červenou LED ukazuje Obrázek 35, pro srovnání lze na Obrázku 34 vidět tento modul v první navržené variantě.



Obrázek 34 – první modul LED



Obrázek 35 – výsledný modul LED

3.5 Vodiče

V dalším textu se budeme věnovat propojovacím vodičům, které jsou nezbytnou součástí soupravy.

3.5.1 První návrh

Prvním návrhem pro realizaci vodičů bylo propojovat jednotlivé moduly pomocí běžně prodávaných laboratorních vodičů (zakončených krokosvorkami nebo banánky). Výhodou tohoto řešení by bylo, že v kabinetech škol jsou tyto laboratorní vodiče k dispozici.

Během testování se však ukázalo, že banánky na koncích vodičů nejsou vyrobeny z feromagnetického materiálu. Z tohoto důvodu nebylo využití takovýchto vodičů možné.

V případě krokosvorek byly naše pokusy úspěšnější. Krokosvorky nasazené na konce vodičů se k magnetům přitahovaly poměrně dobře. Vodiče s krokosvorkami ale byly velmi těžké a jejich konce vzhledem k velikosti námi navrhovaných modulů (resp. připojovacích magnetů na nich) příliš velké. Problémem by bylo připojení více vodičů na jeden modul současně (např. při paralelním zapojování spotřebičů). Z tohoto důvodu jsme i od této varianty upustili a rozhodli se pro možnost navrhnout pro soupravu vodiče vlastní.

3.5.2 Vlastní vodiče – první model

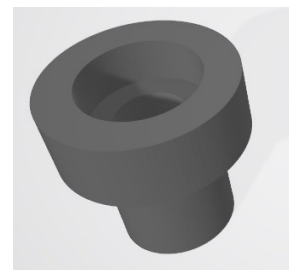
Již při vývoji prvního návrhu vlastních vodičů bylo zřejmé, že musí mít magnetické zakončení, abychom umožnili magnetické připojení k jednotlivým modulům. První zvolenou variantou bylo letovat vodiče na kruhové magnety o průměru 5 mm a výšce 3 mm (viz Obrázek 36). Vodič jsme naletovali vždy na jednu z kruhových podstav magnetu (což byl zároveň vždy jeden z pólů magnetu).

Takto vzniklé koncovky vodiče jsme uschovali do navržené krytky vytištěné na 3D tiskárně (viz Obrázek 37).



Obrázek 36 – zamýšlený magnet
zdroj: unimagnet.cz

Jako problém se ukázalo již samotné letování vodičů, neboť při letování magnetu docházelo k překročení Curieovy teploty, a tedy ke znehodnocení magnetu. Při opatrném pájení s použitím správné pájecí kapaliny jsme dokázali magnet naletovat tak, aby své vlastnosti neztratil úplně. Výrobce byla deklarována magnetická síla tohoto magnetu na pouhých 720 g¹¹ (srov. unimagnet.cz a), proto byla i lehká ztráta magnetických vlastností fatální (magnet nebyl schopen vodič udržet).

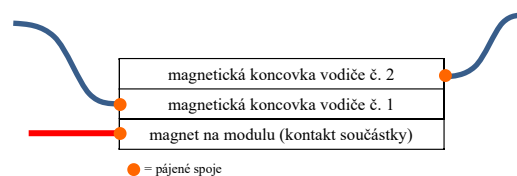


Obrázek 37 – koncovka vodiče

Z výše uvedených důvodů jsme od této varianty upustili a vývoj vodičů se posunul jiným směrem.

3.5.3 Vlastní vodiče – druhý návrh

Po předchozím neúspěchu s letováním vodičů na malé magnety jsme se rozhodli magnety na konci vodičů zvětšit. Z vývoje modulů jsme měli dobré zkušenosti s letováním na boční stěnu magnetů tvaru kvádrů. Experimentálně jsme totiž zjistili, že magnet téměř neztratí své vlastnosti, pokud ho letujeme mimo pól. Proto jsme za logický krok považovali vyrobit vodiče se stejným zakončením, jako jsou magnety na horní části vyvíjených modulů. Vodič vyvinutý v této fázi tedy vypadal tak, že byl na konec drátu tloušťky 1,5 mm naletován magnet tvaru kvádrů rozměru 13×7×3 mm.

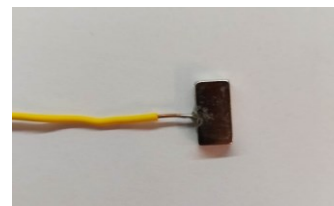


Obrázek 38 – schéma zapojení

Takto navržené vodiče splňovaly naše požadavky. Zároveň umožňovaly připojení více vodičů na jeden modul současně – prostým přiložením dvou magnetů na sebe. Pro lepší představivost přikládáme jednoduchý náčrt tohoto zapojení (viz Obrázek 38). Velkou výhodou použití těchto vodičů by bylo, že bychom nemuseli dbát ani na polaritu magnetů při letování na konce vodičů, ani na polaritu magnetů používaných jako kontakty na tištěných modulech. Koncovku by totiž bylo možno natočit vždy libovolně potřebným směrem.

¹¹ Vzhledem k tomu, že e-shop s magnety je určen pro laickou veřejnost, je magnetická síla všech magnetů uvedena v jednotkách hmotnosti (je převedena na nosnost daného magnetu).

Velká nevýhoda těchto vodičů, která nakonec rozhodla o upuštění od tohoto návrhu, spočívala v tom, že letovaný spoj nebyl nijak ochráněn proti mechanickému poškození. Takto navrženou koncovku nejvíce ohrožovalo odpojování vodiče od modulu. Při odpojování tahem za vodič směrem vzhůru by docházelo k velkému namáhání letovaného spoje (ohybem) a mohlo by jednoduše dojít k jeho utržení. Kromě výše uvedeného by viditelný letovaný spoj nepůsobil esteticky příliš dobře (viz Obrázek 39).



Obrázek 39 - letovaný vodič

3.5.4 Finální návrh

3.5.4.1. Koncovky

Úvahy při vymýšlení finální varianty vodičů se opíraly o dvě zásadní myšlenky. Cílem bylo vymyslet koncovku vodiče tak, aby se obešla bez letování (resp. bez letování přímo na magnet). Potřebovali jsme tedy nalézt způsob, jak v jednom místě zkombinovat vodivé spojení s drátem (letování) a spojení s magnetem (bez letování). Dále byla našim cílem aspoň nějaká mechanická odolnost koncovek vodiče a zároveň jejich estetický vzhled.

V této fázi jsme na e-shopu Unimagnet¹² objevili kruhové magnety s otvorem na šroub se záпустnou hlavou (srov. Unimagnet.cz b). Dokázali jsme tedy magnet přichytit pomocí šroubu, ale nebylo ještě zřejmé, jak šroub spojit s vodičem. Nejprve jsme vyzkoušeli přiletovat vodič přímo na šroub, na kterém je magnet přišroubován. Pro ochránění pájeného spoje jsme jej překryli pomocí smršťovací bužírky. Při tomto způsobu přípravy vodiče nedocházelo k letování přímo na magnet.

Při pájení vodiče na šroub sice díky tepelné vodivosti kovu došlo k lehkému ohřátí magnetu, nebylo ovšem tak výrazné, aby magnet příliš poškodilo. Za větší problém jsme u tohoto typu koncovky považovali, že smršťovací bužírka zvýraznila nepříliš estetický tvar cínu, který při letování na šroubu vznikl. Takto připravená



Obrázek 40 - koncovka vodiče

¹² Tento e-shop se díky své spolehlivosti stal základním zdrojem veškerého magnetického materiálu.

koncovka vodiče je vidět na Obrázku 40. Proto jsme hledali takovou variantu, aby, pokud možno, všechny vytvořené koncovky vypadaly identicky.

Výsledným řešením byly distanční sloupky se závitem M3 (stejný závit, jaký má otvor v magnetu). Distanční sloupky jsou šestiboké hranoly se závitovým otvorem uvnitř. Je možno je pájet, neboť jsou z niklu, a zároveň na ně lze připevnit magnet pomocí šroubu.

Příprava takovéto koncovky vodiče je navíc poměrně jednoduchá. Zhruba do poloviny závitu sloupku zašroubujeme šroub. Z druhé strany sloupku do jeho vnitřní části naletujeme vodič. Po vychladnutí šroub vyjmeme a přes sloupek a část vodiče přetáhneme smršťovací bužírku a pomocí tepla smrštíme (tento mezikrok ukazuje Obrázek 41). Úplně posledním krokem je připevnění magnetu ke sloupku pomocí šroubku, který utáhneme.

Takto připravené koncovky (viz Obrázek 42) budeme používat na všech vodičích v naší soupravě.

3.5.4.2. Délka a barva vodičů

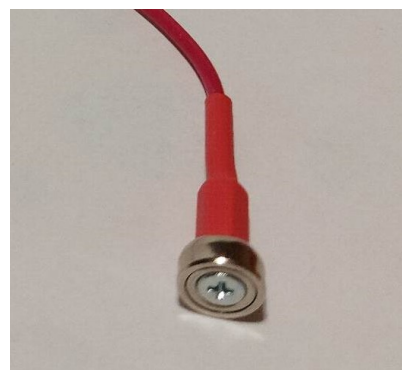
Délku vyráběných vodičů jsme volili dle zvoleného využití soupravy – demonstrace na tabuli. Za ne příliš praktickou jsme považovali variantu vytvořit vodiče jednotné délky. Při skládání elektrického obvodu na tabuli vyučující uvítá, že může zvolit vodič takové délky, aby obvod na tabuli vypadal přehledně.

Proto jsme se rozhodli vytvořit vodiče různých délek, přičemž ale všechny vodiče dané délky mají shodnou barvu. Tato jejich vlastnost vyučujícímu výrazně zjednoduší práci při skládání elektrického obvodu na tabuli.

Rozhodli jsme se pro vodiče délky 20, resp. 30 cm. Vodiče délky 20 cm měly červenou barvu, vodiče délky 30 cm žlutou. Při volbě barev vodičů jsme byli velmi limitováni sortimentem smršťovacích bužírek, neboť ty se vyrábí v omezeném počtu barevných provedení.



Obrázek 41 – distanční sloupek s bužírkou



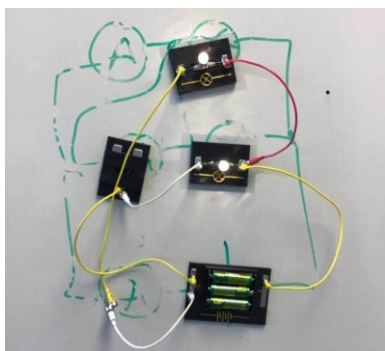
Obrázek 42 – výsledná koncovka vodiče

Jako řešení se nabízela varianta dělat zakončení všech vodičů černá. Tato varianta by sice zjednodušila přípravu vodičů, ale nepovažovali jsme ji za esteticky vhodnou. Z tohoto důvodu jsme od této varianty upustili.

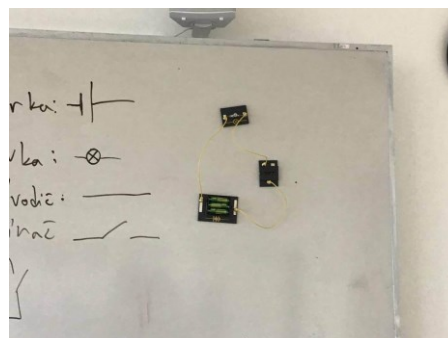
Dále jsme se rozhodli pro délku 15 cm. Pro tuto délku jsme zvolili barvu bílou. Během testování soupravy ve výuce vyvstala potřeba délku a barvu vodičů ještě dále upravit (viz kapitola 4.1.1).

4. Aplikace ve výuce

4.1 Pilotní využití soupravy ve výuce na ZŠ



Obrázek 43 – první využití soupravy ve výuce



Obrázek 44 – první využití soupravy ve výuce

Po dokončení výroby prvních finálních modulů jsme je otestovali ve výuce na základní škole. V této fázi vývoje jsme měli k dispozici pouze žárovky, přepínač a zdroj. Souprava sloužila k prvnímu seznámení se s elektrickými obvody v šesté třídě ZŠ. Jak pomůcka vypadala po sestavení obvodu na tabuli, ukazuje Obrázek 43, resp. Obrázek 44.

4.1.1 Úpravy soupravy po pilotním testování

Toto pilotní testování odhalilo problémy, které jsme museli vyřešit a soupravu lehce upravit. První zjištěnou závadou bylo, že na bílé tabuli nebyly dobře viditelné žluté a bílé vodiče (viz Obrázek 44). Z tohoto důvodu jsme dospěli k závěru, že při výrobě soupravy bude nutno rozlišit, zda konkrétní škola používá v učebnách fyziky bílé nebo tmavé tabule. Pro křídové (zelené, resp. černé) tabule jsou bílé a žluté vodiče velmi vhodné, pro bílé tabule bylo nutno hledat jinak barevnou alternativu. Červené vodiče se osvědčily.

Druhým problémem vodičů, který testování odhalilo, byla jejich nedostatečná délka. Vytvořili jsme tedy modré vodiče délky 50 cm, které jsou viditelné jak na bílé, tak na křídové tabuli. Pro lepší přehlednost jsme sestavili tabulku délek, resp. barev vodičů v závislosti na použité tabuli (viz Tabulka 1).

Délka vodiče	Barva pro použití na křídové tabuli	Barva pro použití na bílé tabuli	Doporučený počet kusů v soupravě
15 cm	bílá	černá	3
20 cm	červená	červená	4
30 cm	žlutá	zelená	4
50 cm	modrá	modrá	3

Tabulka 1 – délky a barvy vodičů

Moduly se při pilotním testování osvědčily v té podobě, v jaké jsme je vyrobili. Nebylo tedy nutné jejich konstrukci jakkoli upravovat.

4.2 Návrhy aktivit do výuky s využitím námi vyvinuté soupravy

V této kapitole bychom rádi poskytli inspiraci učitelům, kteří by se rozhodli pracovat s námi vyvinutou soupravou v hodinách fyziky. Pro větší flexibilitu netvoříme návrhy celých vyučovacích hodin, nýbrž jednotlivých aktivit do výuky. Necháváme tím na vyučujícím, zda aktivitu zařadí celou do jedné vyučovací hodiny, nebo ji rozdělí dle svého uvážení do různých hodin.

Ve většině aktivit vycházíme z toho, že žáci nemají k dispozici žákovské soupravy pro stavění elektrických obvodů. Pokud tyto máme k dispozici, není problém aktivitu upravit tak, aby je žáci mohli použít.

4.2.1 Sériové a paralelní zapojení žárovek

Cíle aktivity: žák rozliší sériové a paralelní zapojení spotřebičů
 žák dokáže předpovědět chování druhé žárovky v případě, že jedna praskne

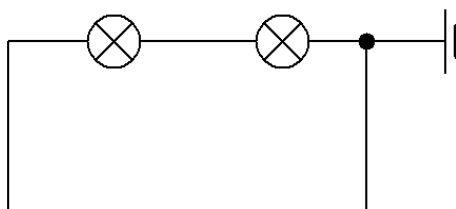
Pojmy opěrné: elektrický obvod, žárovka, zdroj napětí

Pojmy nové: sériové zapojení, paralelní zapojení

Potřebné pomůcky: demonstrační souprava

Scénář aktivity:

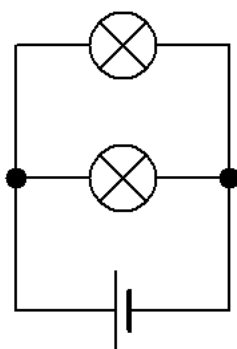
Žáci již mají osvojený koncept, že elektrický obvod musí být dokola. Tuto látku zopakujeme tak, že na tabuli postavíme obvod dle následujícího schématu:



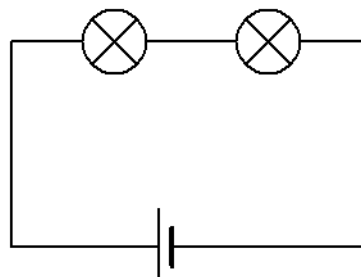
Obrázek 45 – schéma nefunkčního obvodu

Zeptáme se žáků, proč žárovky nesvítí, když je na první pohled všechno v pořádku. Diskutujeme jejich odpovědi.

Na tabuli nakreslíme následující dvě schémata.



Obrázek 46 – paralelní zapojení žárovek



Obrázek 47 – sériové zapojení žárovek

Diskutujeme se žáky, které žárovky budou dle jejich názoru svítit a které ne. Výsledky diskuse ověříme v praxi.

Sdělíme žákům, že se zapojení nazývají *paralelní*, resp. *sériové*.

Zeptáme se žáků, co se stane v obou případech s jednou žárovkou, pokud druhá praskne? Proč?

Dále se zeptáme, jak bychom mohli nasimulovat prasknutí žárovky (bez škod na majetku). Dojdeme k tomu, že žárovku stačí vyšroubovat. Vyzkoušíme vyšroubovat žárovku a učiníme příslušné závěry.

Diskutujeme se žáky, který druh zapojení se využívá např. v lustrech a proč.

4.2.2 Proud a napětí v obvodu¹³

Cíle aktivity: žák rozliší sériové a paralelní zapojení z hlediska elektrických veličin

žák dokáže ze známých hodnot dopočítat zbylé hodnoty elektrických veličin

Pojmy opěrné: sériové zapojení, paralelní zapojení, elektrický obvod

Pojmy nové: dělení elektrického proudu a napětí

Potřebné pomůcky: demonstrační souprava

Scénář aktivity:

Na začátku této aktivity zopakujeme rozdíl mezi sériovým a paralelním zapojením spotřebičů.

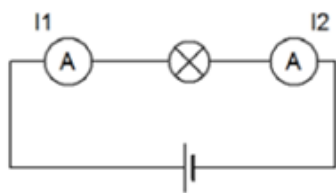
Vyzveme žáky, aby do sešitu zakreslili schémata, kde jsou zapojeny dvě žárovky sériově resp. paralelně.

Vybereme žáky, kteří schémata nakreslí na tabuli a sestaví dle nich obvod.

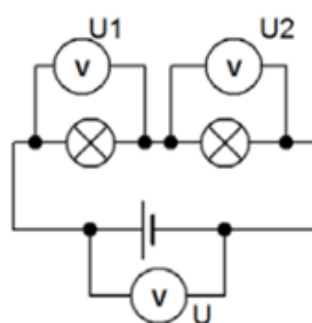
Žákům sdělíme, že budeme nyní tato dvě zapojení zkoumat z hlediska elektrického proudu a napětí.

Připomeneme, jak v obvodu zapojujeme ampérmetr, resp. voltmetr.

Na tabuli nakreslíme následující schémata.



Obrázek 48 – proud v sériovém obvodu
zdroj: Koudelková 2016, s. 200



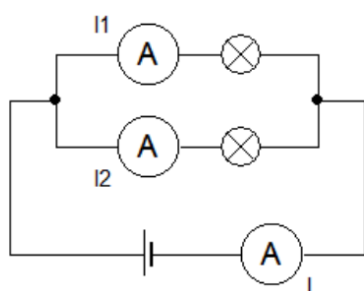
Obrázek 49 – napětí v sériovém obvodu
zdroj: Koudelková 2016, s. 200

¹³ Aktivita vychází z laboratorní práce uvedené v Disertační práci Věry Koudelkové (srov. Koudelková 2016, s. 200)

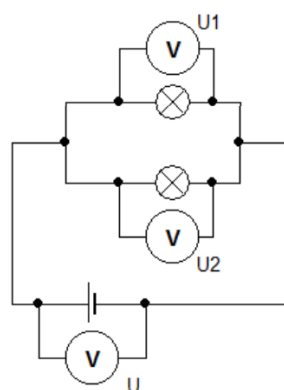
Požádáme žáky, aby odhadli, jak se budou lišit změřené proudy, resp. napětí. Žáky necháme ve skupinách diskutovat. Závěry diskuse napíšeme na tabuli, žáci si je zapisují do sešitu.

Provedeme měření dle uvedeného schématu. Změřené hodnoty zapíšeme na tabuli, resp. do sešitu. Porovnáme je se závěry diskuse a zdůvodníme.

Na tabuli nakreslíme následující schémata a sestavíme příslušný obvod (bez měřících přístrojů).



Obrázek 50 – proud v paralelním obvodu
zdroj: Koudelková 2016, s. 200

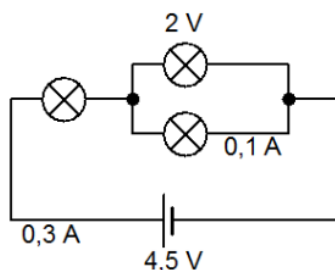


Obrázek 51 – napětí v paralelním obvodu
zdroj: Koudelková 2016, s. 200

Zopakujeme aktivitu uvedenou výše – diskutujeme se žáky, zapíšeme výsledky na tabuli, změříme příslušné veličiny a hodnoty zapíšeme. Změřené hodnoty porovnáme s teoretickými závěry diskuse.

Se žáky shrneme, jak se chová proud a napětí v sériovém, resp. paralelním zapojení spotřebičů, a necháme žáky zapsat shrnutí do sešitu.

Na tabuli nakreslíme následující obrázek a požádáme žáky, aby si obrázek překreslili do sešitu.



Obrázek 52 – zadání úkolu
zdroj: Koudelková, 2016, s. 201

Pro ověření pochopení závěrů této aktivity zadáme žákům následující úkol:
Z údajů uvedených v obrázku určete na základě předchozího pozorování proud a napětí na jednotlivých žárovkách.

Výsledky úkolu s žáky diskutujeme. Zaměříme se zejména na odhalení zdroje případných chyb.

Na závěr aktivity všechny zjištěné poznatky zopakujeme.

4.2.3 Ohmův zákon

Cíle aktivity: žák určí hodnotu odporu rezistoru ze známých hodnot proudu tekoucího rezistorem na napětí na něm
žák aplikuje Ohmův zákon pro část obvodu na konkrétní situaci

Pojmy opěrné: elektrické napětí, elektrický proud, elektrický odpor, Ohmův zákon

Pojmy nové: barevné značení rezistorů

Potřebné pomůcky: demonstrační souprava

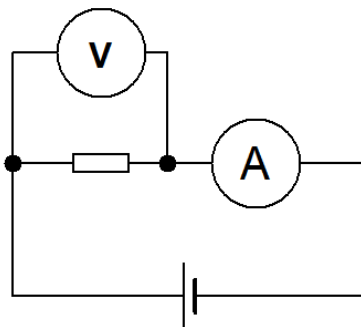
Scénář aktivity:

Na začátku této aktivity zopakujeme elektrické veličiny a vztah mezi nimi.

Žákům ukážeme modul s rezistorem. „Zapomněli jsme hodnotu jeho odporu a potřebujeme ji zjistit“.

Požádáme žáky o radu, jak bychom to s pomocí naší soupravy mohli provést.

Žáky můžeme nechat vymyslet řešení samostatně, případně je navést zakreslením následujícího schématu na tabuli:



Obrázek 53 – schéma – určování hodnoty odporu rezistoru

Chceme žáky dovést k tomu, že ze změřené hodnoty proudu a napětí dokážeme pomocí Ohmova zákona hodnotu odporu určit.

Zvolíme žáka, který u tabule provede měření, případně změříme veličiny sami.

Provedeme důkladně výpočet na tabuli a žáci si ho zapíší do sešitu.

Žákům sdělíme, že na rezistoru sice není hodnota odporu uvedena číslem, ale že je tam i přesto „někde schovaná“. Dáme žákům kolovat moduly s rezistorem, případně promítneme zvětšenou fotku modulu, aby si ho mohli prohlédnout. Předpokládáme, že žáci objeví, že hodnota rezistoru je zřejmě zakódována v barevných prouzcích.

Promítneme tabulku barevných kódů rezistorů a vysvětlíme žákům, jak se v ní orientovat. Společnými silami určíme hodnotu odporu rezistoru v sadě. Hodnotu porovnáme se změřenou a případné rozdíly diskutujeme.

Celou tuto aktivitu můžeme zopakovat s rezistorem o jiné hodnotě odporu.

4.2.4 Polovodičová dioda¹⁴

Cíle aktivity: žák rozliší zapojení polovodičové diody v propustném a závěrném směru

žák dokáže předpovědět chování diody na základě analýzy schématu obvodu

Pojmy opěrné: elektrický obvod

Pojmy nové: polovodičová dioda, LED, propustný směr, závěrný směr

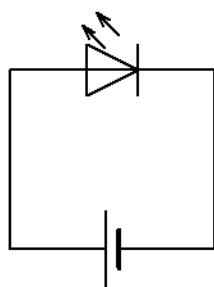
Potřebné pomůcky: demonstrační souprava

Scénář aktivity:

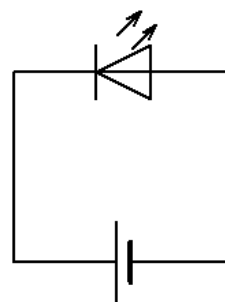
Na začátku aktivity ukážeme žákům modul se svítivou diodou (LED). Seznámíme žáky s její schematickou značkou, kterou nakreslíme na tabuli.

¹⁴ Aktivita vychází z Metodických materiálů projektu Heuréka (srov. Metodika Heuréky – Polovodiče, s. 12)

Na tabuli dále nakreslíme následující dvě schémata:



Obrázek 54 – schéma zapojení diody v propustném směru

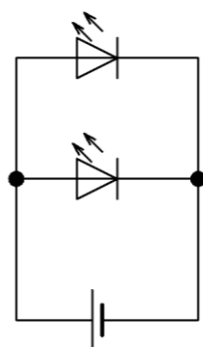


Obrázek 55 – schéma zapojení diody v závěrném směru

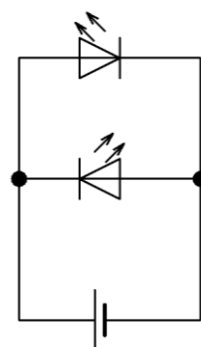
Zeptáme se žáků, zda je mezi těmito dvěma schématy nějaký rozdíl. Dále se zeptáme, jak se dle jejich názoru bude LED chovat. Požádáme dva žáky, aby obvody přesně podle schématu sestavili na tabuli.¹⁵

Z pozorování odvodíme, že dioda v jednom zapojení svítí a v druhém ne. Sdělíme žákům, že když LED svítí, říkáme, že je zapojena v *propustném směru*. V opačném případě říkáme, že je zapojena v *závěrném směru*.

Na tabuli nakreslíme následující schémata (případně je žákům rozdáme nakopírovaná).

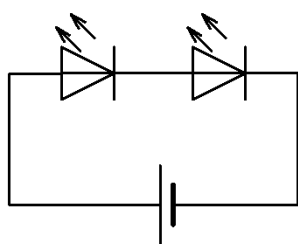


Obrázek 56 – zapojení dvou diod I.

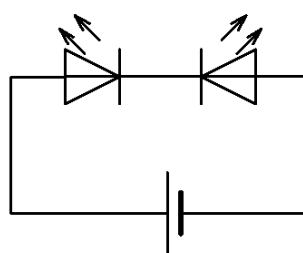


Obrázek 57 – zapojení dvou diod II.

¹⁵ Žákům sdělíme, že modul LED je doplněn o předřadný rezistor a vysvětlíme jim jeho funkci. Pro lepší přehlednost však rezistory nebudeme ve schématech zakreslovat.



Obrázek 58 – zapojení dvou diod III.



Obrázek 59 – zapojení dvou diod IV.

U každého schématu necháme žáky ve skupinách prodiskutovat, jak si myslí, že se diody budou chovat. Výsledky diskuse ověříme pomocí praktické ukázky na tabuli. Při praktické realizaci doporučujeme pracovat s identickými červenými LED¹⁶.

Na závěr aktivity shrneme vlastnosti polovodičové diody, propustný a závěrný směr v závislosti na zapojení diody.

4.2.5 Shrnutí

Při vytváření návrhů aktivit jsme vycházeli z badatelského přístupu k výuce. Respektovali jsme principy heuristických metod výuky fyziky. Aktivity se snaží žáky přimět hledat hypotézy k řešení předkládaných problémů, nebát se vyslovit své názory a nestydět se za ně. (srov. Projekt Heuréka). Námi navrhované aktivity mají sloužit pouze jako inspirace pro vyučujícího při přípravě hodin fyziky. Tento seznam rozhodně nelze považovat za kompletní, soupravu lze využít k mnoha dalším demonstracím a experimentům. Zcela přirozeně ji lze použít i jako podporu pro samostatnou žákovskou práci s elektrickými obvody. Rozsah aktivit závisí také na tom, zda škola disponuje žákovskými soupravami pro stavění elektrických obvodů, či nikoli.

¹⁶ Červené volíme z toho důvodu, že je zdroj při sériovém zapojení zvládne rozsvítit. U např. modré barvy by to mohl být problém.

Závěr

Pro jednoznačnou definici požadovaného obsahu demonstračních souprav pro výuku elektrických obvodů bylo nejprve nutno zjistit, co se na základních školách v tématu elektrických obvodů vlastně vyučuje. V práci jsme se proto, v souvislosti s platnými kurikulárními dokumenty, krátce zabývali rozsahem učiva vyučovaného na základní škole. Na základě tohoto zkoumání jsme následně stanovili potřebný obsah demonstrační soupravy.

V práci jsme rovněž diskutovali kritéria, která je třeba brát v potaz při výběru fyzikální pomůcky. Provedli jsme rešerši existujících souprav věnujících se problematice elektrických obvodů. Každou vybranou soupravu jsme vždy krátce popsali a zhodnotili dle námi stanovených kritérií.

Dále jsme se věnovali vývoji vlastní soupravy. Nejprve jsme stanovili základní cíle vývoje a představili prvotní koncept. V jednotlivých kapitolách jsme popsali, jakým vývojem jednotlivé komponenty námi vyvíjené soupravy procházely. Finální verzi celé soupravy jsme popsali ve zvláštní kapitole. Každý modul jsme doplnili o fotografii výsledného výrobku. Kompletní technickou specifikaci jsme – pro lepší přehlednost – umístili do přílohy.

Soupravu jsme následně prakticky otestovali ve výuce, závěry tohoto testování představujeme v kapitole 4.1. Zjištěné poznatky z praxe jsme zapracovali do praktické realizace. Kapitola 4.2 je poté věnována aktivitám ve výuce, při kterých lze vyvinutou soupravu využít.

Zadáním práce bylo vyvinout soupravu pro výuku elektrických obvodů na základní škole, provést rešerši existujících souprav a navrhnout aktivity pro využití námi vyvinuté soupravy. Tyto cíle práce byly naplněny.

V budoucnu plánujeme doplnit vyvinutou soupravu o webovou podporu, kde budou soubory s 3D modely jednotlivých komponent uživatelům k dispozici ke stažení. Zároveň zde budeme mít možnost zveřejnit případné úpravy těchto modulů, návody k nim apod.

Taktéž samotnou soupravu plánujeme dále rozvíjet. Modul zdroje doplníme o pojistku tak, aby byl ochráněn proti zkratu. Soupravu lze zároveň doplnit o další polovodičové součástky (usměrňovací diody, tranzistory...), nebo například o kondenzátory. Toto doplnění by umožnilo využít soupravu např. i na střední škole či

v odpovídajícím ročníku víceletého gymnázia. Pro výuku Ohmova zákona by bylo možno soupravu rozšířit o větší počet modulů s rezistory různých hodnot odporu. K soupravě lze taktéž vyrobit vodiče, které budou mít na jednom konci běžnou koncovku (banánek) a na druhém koncovku námi vyvinutou. Toto zajistí kompatibilitu s ostatními pomůckami dostupnými ve fyzikálních kabinetech škol (např. měřicími přístroji). Soupravu by bylo možno doplnit o její žákovskou variantu, přičemž bychom zachovali koncept magnetických vodičů, ale samotné moduly by již nemusely být nutně magnetické.

Seznam použité literatury

- BOFFIN. *Elektronická stavebnice Boffin 100-300 – návod k použití* [online]. Dostupné z: https://boffin.cz/media/pages/podpora/484deb3c7a-1669633174/cz_boffin_100-300.pdf [cit. 2023-02-25].
- BOFFIN. *Produkty* [online]. Dostupné z <https://boffin.cz/produkty> [cit. 2023-02-25].
- BOFFIN. *Produkty – Boffin II.* [online]. Dostupné z: <https://boffin.cz/produkty/boffin-ii> [cit. 2023-02-25].
- BOFFIN. *Produkty – Boffin III.* [online]. Dostupné z: <https://boffin.cz/produkty/boffin-iii> [cit. 2023-02-25].
- BOFFIN. *Produkty – Boffin I.* [online]. Dostupné z: <https://boffin.cz/produkty/boffin-i> [cit. 2023-02-25].
- CONNATEX. *Demonstrační sada „Jednoduché elektrické obvody, s magnetickým uchycením“.* [online]. Dostupné z: https://www.conatex.cz/cs/catalog/fyzika/novinky_2020/product-demonstracni_sada_jednoduche_elektricke_obvody_s_magnetickym_uchycenim/sku-1202060. [cit. 2023-02-27].
- ČESÁKOVÁ, Jana. *Moderní přístupy k výuce fyziky* [online]. Dostupné z: <https://digifolio.rvp.cz/artefact/file/download.php?file=73565&view=11605>. [cit. 2023-03-26].
- DIDAKTIK.CZ. *Demonstrační soupravy elektřina– web* [online]. Dostupné z: https://didaktik.cz/dzs_elektrina_boxy.html. [cit. 2023-02-15].
- DIDAKTIK.CZ. *Ceník pomůcek platný od 7.10.2022* [online]. Dostupné z: https://www.didaktik.cz/obchod/c_ntl_k.pdf. [cit. 2023-02-15].
- DVOŘÁK, Leoš. *Simulujeme a kreslíme elektrické obvody* [online]. Praha: 2022. Dostupné z: https://kdf.mff.cuni.cz/lide/dvorak/clanky/DilnyHeureky/DilnyHeureky_2022_LD_SimulujemeEIObvody.pdf. [cit. 2023-02-15].
- DVOŘÁKOVÁ, Irena. *Fyzika od MŠ po SŠ: s revizí RVP i bez.* In: *Sborník příspěvků z mezinárodní konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 24* [online]. Hradec Králové: Univerzita Hradec Králové – Přírodovědecká fakulta, 2019, s. 43-48. Dostupné z: [https://vnuf.cz/sbornik/rocniky/Veletrh_24_\(Hradec_Kralove_2019\).pdf](https://vnuf.cz/sbornik/rocniky/Veletrh_24_(Hradec_Kralove_2019).pdf) [cit. 2023-03-19].
- FYZIKÁLNÍ ŠUPLÍK. *Prodej školních pomůcek* [online]. Dostupné z: <https://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/Prodej-pomucek.html> [cit. 2023-02-20].
- GME.CZ. *Wampum digitální panelový voltmetr.* [online]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/v/1505073/wampum-wpb5035-dv-1999v-digitalni-panelovy-voltmetr>. [cit. 2023-05-01].
- KOUDELKOVÁ, Věra. *Elektřina a magnetismus vlastníma rukama a hlavou* [online]. Praha, 2016 [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/20.500.11956/82425>. Disertační práce. Univerzita Karlova, Matematicko-fyzikální fakulta, Katedra didaktiky fyziky. Vedoucí práce Doc. RNDr. Leoš Dvořák, CSc.
- METODIKA PROJEKTU HEURÉKA. *Elektrické obvody – 1. část* [online]. Praha. Dostupné z: <https://kdf.mff.cuni.cz/vyuka/ElmagKrokZaKrokem/Elektricke-obvody-1-cast.pdf> [cit. 2023-03-25].

METODIKA PROJEKTU HEURÉKA. *Polovodiče*. Interní dokument. [cit. 2023-04-30].

PISKAČ, Václav. *Učitel'ské elektrické obvody – příručka uživatele* [online]. Dostupné z: https://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/aaa_pomucky/ucitelske_elektricke_obvody_-_prirucka.pdf [cit. 2023-02-20].

PISKAČ, Václav. *Učitel'ské elektrické obvody II., rozšíření pro 8. třídu – příručka uživatele* [online]. Dostupné z: https://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/aaa_pomucky/ucitelske_elektricke_obvody_ii_-_prirucka.pdf [cit. 2023-02-20].

PROJEKT HEURÉKA. *O projektu*. [online]. Dostupné z: <https://kdf.mff.cuni.cz/heureka/o-projektu/co-je-heureka/> [cit. 2023-05-03].

PRUSA RESEARCH. *Průša pro školy* [online]. Dostupné z: <https://proskoly.prusa3d.cz/> [cit. 2023-04-30].

RÁMCOVÝ VZDĚLÁVACÍ PROGRAM PRO ZÁKLADNÍ VZDĚLÁVÁNÍ [online]. Praha: 2021. Dostupné z: <https://www.edu.cz/wp-content/uploads/2021/07/RVP-ZV-2021.pdf> [cit. 2023-03-18].

RÁMCOVÝ VZDĚLÁVACÍ PROGRAM PRO ZÁKLADNÍ VZDĚLÁVÁNÍ [online]. Praha: 2017. Dostupné z: https://www.edu.cz/wp-content/uploads/2020/08/RVP-ZV_2017_%C4%8Derven-2.pdf [cit. 2023-03-18].

SVÍTILNY FÉNIX. *Dobíjecí USB baterie Fénix*. [online]. Dostupné z: <https://www.svitilny-fenix.cz/produkt/dobijeci-usb-aa-baterie-fenix-arb-114-1600u/> [cit. 2023-04-10].

ŠIKA, Michal. *Kutilův zápisník – výpočet rezistoru pro LED*. 2021. [online]. Dostupné z: <https://kutiluv-zapisnik.cz/vypocet-rezistoru-pro-led/>. [cit. 2023-04-20].

TABULKY, elektřina. *Tabulka konkretizující očekávané výstupy RVP*. [online]. Dostupné z: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1DBune-E8ZBEsCU8U-HLK96QitfMni-zJPe3yj9CA-P0/edit#gid=1739367387> [cit. 2023-02-01].

UNIMAGNET. *Kotoučový magnet KT-05-03-N*. [online]. Dostupné z: https://www.unimagnet.cz/kt-05-03-n_z319/. [cit. 2023-04-15].

UNIMAGNET. *Kotoučový magnet s prohlubní pro šroub*. [online]. Dostupné z: https://www.unimagnet.cz/krp-10_z760/ [cit. 2023-04-30].

VOLTÍK. *Příručka ke stavebnici Voltík I*. [online]. Dostupné z: https://www.voltik.cz/user/documents/upload/Dokumenty/Příručka_V1_2016.pdf [cit. 2023-02-27].

VOLTÍK. *Příručka ke stavebnici Voltík II*. [online]. Dostupné z: https://www.voltik.cz/user/documents/upload/Dokumenty/Příručka_V2_2015.pdf [cit. 2023-02-27].

VOLTÍK. *Příručka ke stavebnici Voltík III*. [online]. Dostupné z: https://www.voltik.cz/user/documents/upload/Dokumenty/prirucka_v3_2013.pdf [cit. 2023-02-27].

VOLTÍK. *Stavebnice Voltík*. [online]. Dostupné z: <https://www.voltik.cz/stavebnice-voltik/> [cit. 2023-02-27].

Seznam obrázků

Obrázek 1 – panel pro umístění modulů zdroj: Didaktik.cz	8
Obrázek 2 – Demo souprava – elektřina 1 zdroj: Didaktik.cz	8
Obrázek 3 – Demo souprava – elektřina 2 zdroj: Didaktik.cz	8
Obrázek 4 – souprava Učitelské elektrické obvodu zdroj: Piskač a	10
Obrázek 5 – souprava Učitelské elektrické obvodu II zdroj: Piskač b	10
Obrázek 6 – vodiče ve stavebnici Boffin	11
Obrázek 7 – souprava Voltík I. zdroj: Stavebnice Voltík	13
Obrázek 8 – připojení vodiče zdroj: Příručka ke stavebnici Voltík I.....	13
Obrázek 9 – souprava Conatex zdroj: conatex.cz	15
Obrázek 10 – první modul rezistoru	17
Obrázek 11 – návrh modulu žárovky	17
Obrázek 12 – první modul žárovky.....	18
Obrázek 13 – návrh spodní části přepínače.....	18
Obrázek 14 – model ovládacího mechanismu	18
Obrázek 15 – návrh spodní části vypínače.....	19
Obrázek 16 – držák na baterie zdroj: gme.cz	19
Obrázek 17 – modul zdroje	20
Obrázek 18 – použitý voltmetr zdroj: gme.cz	20
Obrázek 19 – první návrh měřicího přístroje	21
Obrázek 20 – spodní část modelu	22
Obrázek 21 – vrchní část modelu.....	22
Obrázek 22 – 3D model rezistoru	23
Obrázek 23 – výsledný modul rezistoru.....	23
Obrázek 24 – 3D model žárovky	23
Obrázek 25 – výsledný modul žárovky.....	23
Obrázek 26 – výsledný modul přepínače	24
Obrázek 27 – výsledný modul vypínače	24
Obrázek 28 – výsledný modul zdroje.....	24
Obrázek 29 – spodní část modulu měřicího přístroje.....	25
Obrázek 30 – finální měřicí přístroj	25
Obrázek 31 – 3D model motoru.....	25
Obrázek 32 – výsledný modul motoru	25
Obrázek 33 – 3D model LED.....	26
Obrázek 34 – první modul LED.....	26
Obrázek 35 – výsledný modul LED.....	26
Obrázek 36 – zamýšlený magnet zdroj: unimagnet.cz.....	27
Obrázek 37 – koncovka vodiče	28
Obrázek 38 – schéma zapojení.....	28
Obrázek 39 – letovaný vodič.....	29
Obrázek 40 – koncovka vodiče	29
Obrázek 41 – distanční sloupek s bužírkou.....	30
Obrázek 42 – výsledná koncovka vodiče	30
Obrázek 43 – první využití soupravy ve výuce.....	32
Obrázek 44 – první využití soupravy ve výuce.....	32
Obrázek 45 – schéma nefunkčního obvodu	33
Obrázek 46 – paralelní zapojení žárovek	34
Obrázek 47 – sériové zapojení žárovek	34

Obrázek 48 – proud v sériovém obvodu zdroj: Koudelková 2016, s. 200.....	35
Obrázek 49 – napětí v sériovém obvodu zdroj: Koudelková 2016, s. 200	35
Obrázek 50 – proud v paralelním obvodu zdroj: Koudelková 2016, s. 200	36
Obrázek 51 – napětí v paralelním obvodu zdroj: Koudelková 2016, s. 200.....	36
Obrázek 52 – zadání úkolu zdroj: Koudelková, 2016, s. 201	36
Obrázek 53 – schéma – určování hodnoty odporu rezistoru.....	37
Obrázek 54 – schéma zapojení diody v propustném směru.....	39
Obrázek 55 – schéma zapojení diody v závěrném směru	39
Obrázek 56 – zapojení dvou diod I.	39
Obrázek 57 – zapojení dvou diod II.....	39
Obrázek 58 – zapojení dvou diod III.....	40
Obrázek 59 – zapojení dvou diod IV.	40

Obrázky v příloze:

Obrázek 60 – detailní pohled na páčku přepínače	VIII
Obrázek 61 – přepínač před smontováním.....	VIII
Obrázek 62 – vnitřní zapojení měřicího přístroje	XII

Seznam tabulek

Tabulka 1 – délky a barvy vodičů.....	32
---------------------------------------	----

Příloha č. 1 – technické specifikace soupravy

V této příloze shrneme technické aspekty námi vyvinuté soupravy. Měla by tedy sloužit jako návod pro výrobu a upozornit, na co by si měl čtenář dát při výrobě pozor.

Přílohu dělíme do kapitol podle jednotlivých součástí, které námi vyvinutá souprava obsahuje. U každé součástky uvedeme seznam potřebného materiálu. Dráty a pájecí materiál u součástí neuvádíme.

Jelikož je princip výroby celé soupravy založen na 3D tisku, neuvádíme u každé součástky mezi materiál 3D filament. Využíváme filament typu PLA a potřebujeme dvě různé barvy. Pro větší pevnost modulů tiskneme vždy tak, že ve spodu modulu je vždy 5 plných vrstev, nahoře 7. Doporučujeme jeden filament zvolit černý a druhý v jiné barvě (my jsme zvolili zlatý). U každého modelu uvádíme pouze potřebnou hmotnost filamentu, nikoliv jeho cenu (neboť filament lze zakupovat pouze po celých jednokilogramových cívkách).

U každé součástky dále uvedeme název příslušného .stl (resp. .3mf) souboru.¹⁷ Pro slicování¹⁸ využíváme program PrusaSlicer, který je volně ke stažení na internetu.¹⁹ Pokyny k nastavení 3D tisku jsou vztaženy právě k tomuto programu. Každá součástka je taktéž doplněna podrobným návodem na výrobu.

V každé podkapitole uvedeme celkové náklady na výrobu dané součástky včetně časové náročnosti. Časová náročnost se skládá z času potřebného pro tisk a přibližného času potřebného k osazení modulu součástkami. Všechny odkazy a ceny jsou platné v době psaní práce a za jejich budoucí vývoj neručíme.

Na závěr každé kapitoly uvedeme doporučený počet daných modulů do kompletní soupravy.

¹⁷ soubory s 3D modelem pro tisk

¹⁸ v překladu krájení – převod modelu na informace pro 3D tiskárnu, jak tisknout jednotlivé vrstvy

¹⁹ lze stáhnout zde https://www.prusa3d.com/cs/stranka/prusaslicer_424/

P1.1 Výroba modulů spotřebičů – společná část

V první fázi je nutné vytisknout příslušný model na 3D tiskárně. Při nastavování tisku volíme 20% míru výplně a jako vzor výplně gyroid. Gyroid je totiž dle dostupných informací nejpevnější pro namáhání ve všech směrech. Výšku vrstvy máme nastavenou na 0,16 mm, což je dle našich zkušeností dobré pro optimální poměr rychlost/kvalita.

Při slicování 3D modelu je nutné zjistit, která vrstva jako první přikrývá vevnitř umístěné magnety. Jedná se o vrstvu, která je okolo 3 mm výšky (závisí na konkrétním nastavení 3D tiskárny). Nám se velmi osvědčilo nastavit na této vrstvě změnu barvy (ačkoli ve skutečnosti barvu měnit nebudeme). Tento úkon však zajistí, že se 3D tiskárna před tiskem této vrstvy zastaví a umožní nám vložit magnety.

Při umístování magnetů uvnitř musíme dbát na to, aby polaritou odpovídaly koncovkám vodičů. Připojovací magnety se musí přitahovat s magnety uvnitř a zároveň s magnety na koncích vodičů.

Druhá změna barvy (tentokrát již skutečně dojde k výměně filamentu) je nastavena na první vrstvě schematické značky dané součástky, neboť tuto chceme mít v jiné barvě než celý modul.

P1.2 Žárovka

Použitý materiál:

součástka	počet ks	cena za ks	kde lze zakoupit
žárovka (např. 3,7 V; 0,3 A)	1×	8 Kč	www.hadex.cz
objímka E10	1×	10 Kč	www.gme.cz
magnet 12×4×2 mm	2×	3 Kč	www.unimagnet.cz
magnet 13×7×3 mm	2×	8 Kč	www.unimagnet.cz

Odpovídající 3D model: zarovka.stl

Množství filamentu: 16 g

Postup výroby:

Pro tuto součástku platí společný postup 3D tisku uvedený v kapitole P1.1.

Po dokončení 3D tisku osadíme výsledný modul objímkou. Na magnety z boku naletujeme vodiče a na ně naletujeme objímku. Při letování je nutno dát dobrý pozor na to, aby na magnetu nevznikla velká kapka cínu, která by bránila hladkému vložení magnetu do 3D výtisku. Je také velmi důležité délku vodičů správně vyměřit tak, aby výsledný výtvar (žárovka s vodiči a magnety) přesně zapadl do výlisku na 3D modelu.

Objímku a magnety do 3D modelu přichytíme vteřinovým lepidlem. Takto je modul žárovky hotov.

Časová náročnost (tisk + práce): 2 + ½ hod.

Celková cena materiálu: 40 Kč

Doporučený počet do soupravy: 4



P1.3 LED

Použitý materiál:

součástka	počet ks	cena za ks	kde lze zakoupit
LED 10 mm	1×	cca 5 Kč	www.gme.cz ²⁰
rezistor ²¹	1×	cca 4 Kč	www.gme.cz
magnet 12×4×2 mm	2×	3 Kč	www.unimagnet.cz
magnet 13×7×3 mm	2×	8 Kč	www.unimagnet.cz

Odpovídající 3D model: LED.stl

Množství filamentu: 16 g

Postup výroby:

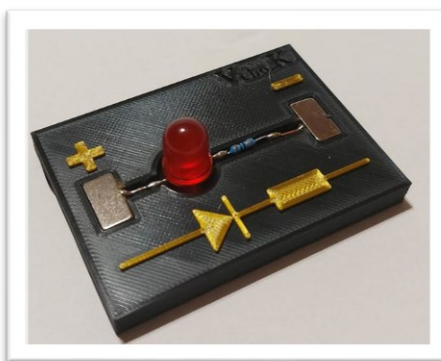
Pro tuto součástku platí společný postup uvedený v kapitole P1.1. Po dokončení tohoto postupu modul osadíme LED a odpovídajícím předřadným rezistorem.

Při letování na magnety je opět třeba dbát na polaritu. Zároveň musíme ohlídat, aby polarita LED naznačená na modulu odpovídala polaritě ve skutečnosti. Součástky naletujeme dle schématu na 3D modelu. Výsledek přilepíme vteřinovým lepidlem do připraveného výtisku.

Časová náročnost (tisk + práce): 2 + ½ hod.

Celková cena materiálu: cca 30 Kč

Doporučený počet do soupravy: 4²²



²⁰ případně jinak barevné alternativy

²¹ hodnota odporu se určí pro konkrétní zvolenou diodu dle jejích technických specifikací (např. pomocí [tohoto webu](#)).

²² Pro větší poutavost výuky doporučujeme zařadit LED různých barev, ale vzhledem k navrhovaným aktivitám je potřeba zařadit alespoň dvě identické.

P1.4 Rezistor

Použitý materiál:

součástka	počet ks	cena za ks	kde lze zakoupit
výkonový rezistor ²³	1×	4 Kč	www.gme.cz ²⁴
magnet 12×4×2 mm	2×	3 Kč	www.unimagnet.cz
magnet 13×7×3 mm	2×	8 Kč	www.unimagnet.cz

Odpovídající 3D model: rezistor.stl

Množství filamentu: 16 g

Postup výroby:

Pro tuto součástku platí společný postup uvedený v kapitole P1.1. Po dokončení tohoto postupu modul osadíme rezistorem.

Nožičky rezistoru neletujeme přímo na magnet, naletujeme je na vodič a ten pak na magnet. Vodič a nožičky rezistoru vytvarujeme tak, aby byl rezistor ve vzduchu (pro lepší chlazení). Při letování na magnety je opět třeba dbát na polaritu. Výsledek přilepíme vteřinovým lepidlem do připraveného výtisku.

Časová náročnost (tisk + práce): 2 + ½ hod.

Celková cena materiálu: 26 Kč

Doporučený počet do soupravy: 4



²³ Volíme výkonový rezistor ze dvou důvodů – ustojí větší proud a zároveň jsou větší a tudíž názornější.

²⁴ nebo jiné varianty odporu

P1.5 Motor

Použitý materiál:

součástka	počet ks	cena za ks	kde lze zakoupit
DC motorek 3-6 V	1×	34 Kč	www.pselectronic.cz
magnet 12×4×2 mm	2×	3 Kč	www.unimagnet.cz
magnet 13×7×3 mm	2×	8 Kč	www.unimagnet.cz

Odpovídající 3D modely: motor.stl, motor_znacka.stl, vrtulka.stl

Množství filamentu: 27 g

Postup výroby:

Pro tuto součástku platí společný postup výroby uvedený v kapitole P1.1. Jediným rozdílem je, že schematickou značku není možno vyřešit pomocí změny barvy filamentu. Postupujeme tedy tak, že nejprve vytiskneme modul podle postupu v kapitole P1.1.

Posléze vytiskneme soubory motor_znacka.stl a motor_vrtulka.stl v jiné barvě filamentu, a to v nejvyšší možné přesnosti. Při slicování schematické značky nastavíme, aby písmeno M bylo vytištěno černě, zatímco kolečko pod ním jinou barvou. Tak získáme schematickou značku a vrtulku.

Vývody motoru přiletujeme pomocí krátkých kousků vodiče k magnetům (dbáme na polaritu). Motorek jako takový vlepíme do připravené kapsy na 3D modelu.

Na závěr přilepíme zvlášť vytištěnou schematickou značku a na hřídel upevníme pomocí lepidla připravenou vrtulku. Tímto je modul s motorkem hotov.

Časová náročnost (tisk + práce): 3,5 + $\frac{3}{4}$ hod.

Celková cena materiálu: 56 Kč

Doporučený počet do soupravy: 1



P1.6 Zdroj

součástka	počet ks	cena za ks	kde lze zakoupit
držák na 3×AA baterie	1×	18 Kč	www.gme.cz
magnet 40×7×3 mm	2×	25 Kč	www.unimagnet.cz

Odpovídající 3D modely: zdroj.stl, zdroj_doplanky.3mf

Množství filamentu: 30 g

Postup výroby:

Nejprve musíme vytisknout modul zdroj.stl. Při tisku používáme nastavení výšky vrstvy 0,16 mm, výplň 20% tvaru gyroid. Po dokončení tisku přiletujeme na magnety vývody držáku (respektujeme polaritu uvedenou na modulu) a držák vlepíme do výtisku.

Jelikož není možné oddělit vrstvy se schematickou značkou od zbytku modulu (nejsou úplně nahoře), je nutné schematickou značku vytisknout zvlášť a do modulu vlepít. Z filamentu jiné barvy vytiskneme soubor zdroj_doplanky.3mf a to s co nejvyšší možnou přesností. Takto vzniklou schematickou značku vlepíme do vytištěného modulu pomocí vteřinového lepidla. Stejně vlepíme i vytištěné symboly plus, resp. mínus. Tím je modul zdroje hotov.²⁵

Časová náročnost (tisk + práce): 2½ + 1 hod.

Celková cena materiálu: 68 Kč (bez článků)

Doporučený počet do soupravy: 1



²⁵ Problematice toho, jaké články do držáku vložit, se věnujeme v kapitole 3.3.5.

P1.7 Přepínač

Použitý materiál:

součástka	počet ks	cena za ks	kde lze zakoupit
magnet kotouč 5×3 mm	2×	2,50 Kč	www.unimagnet.cz
magnet 20×10×2 mm	3×	12 Kč	www.unimagnet.cz
šroub M2 se zápustnou hlavou	4×	0,40 Kč	www.sroubyonline.cz

Odpovídající 3D modely:

prepinač_spodek.stl, prepinač_vrsek,
packa.stl

Množství filamentu:

21 g

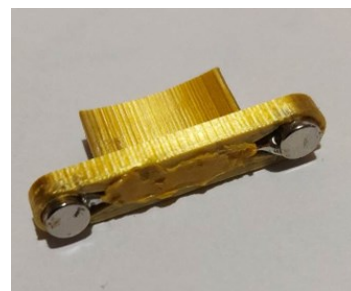
Postup výroby:

Při výrobě postupujeme tak, že nejprve vytiskneme z černého filamentu soubor prepinač.stl. Tím získáme spodní část přepínače a horní kryt. Při tisku používáme nastavení tloušťky vrstvy 0,16 mm, 20% výplň tvaru gyroid. Poznamenejme, že se v tomto případě během tisku do modelu žádné magnety nevkládají.

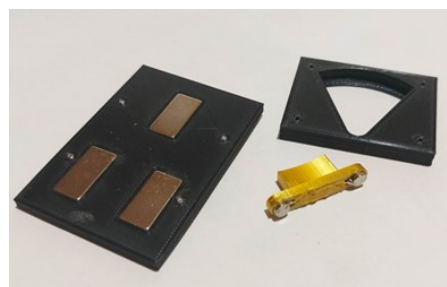
Spodní část osadíme magnety o rozměru 20×10×2 mm. Musíme dbát na jejich polaritu tak, aby se přitahovaly s koncovkami vodičů. Magnety vlepíme do připravených otvorů pomocí vteřinového lepidla.

Dále je třeba z filamentu jiné barvy vytisknout páčku. Páčku tiskneme s co největší přesností (malá výška vrstvy, 100% výplň). Do páčky vložíme kotoučové magnety tak, aby se přitahovaly k magnetům ve spodní části. Do spáry mezi nimi vložíme vodič a přiletujeme. Spáru ve spodní části páčky zaplníme buď lepidlem, nebo vložíme kousek filamentu a pomocí hrotu pájky roztavíme a necháme přichytit.

Takto zhotovenou páčku přicvakneme ke spodní části a přikryjeme ji vytištěným krytem. Kryt přišroubujeme pomocí šroubků ke spodní části. Před šroubováním je třeba provrtat



Obrázek 60 – detailní pohled na páčku přepínače



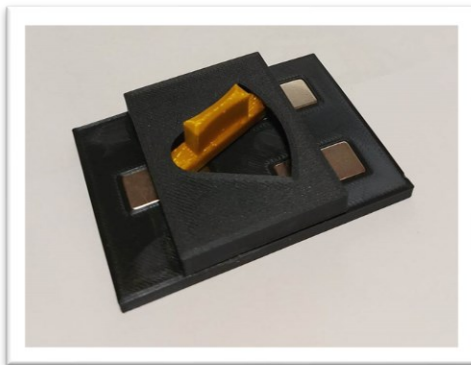
Obrázek 61 – přepínač před smontováním

díru ve spodní části vrtákem tloušťky 2 mm (díra je sice tiskem připravena, ale je třeba ji nepatrně zvětšit a začistit). Do otvorů v horní části vytvoříme závitníkem závit. Tímto je modul přepínače hotov.

Časová náročnost (tisk + práce): 3¼ + 1 hod.

Celková cena materiálu: 43 Kč

Doporučený počet do soupravy: 2



P1.8 Spínač

Použitý materiál:

součástka	počet ks	cena za ks	kde lze zakoupit
magnet kotouč 5×3 mm	2×	2,50 Kč	www.unimagnet.cz
magnet 20×10×2 mm	2×	12 Kč	www.unimagnet.cz
magnet 10×10×2 mm	1×	6 Kč	www.unimagnet.cz
šroub se zápusťnou hlavou M2	4×	0,40 Kč	www.sroubyonline.cz

Odpovídající 3D modely:

spinac_spodek.stl, spinac_vrsek.stl,
packa.stl

Množství filamentu:

21 g

Postup výroby:

Postup výroby je naprosto totožný s přípravou přepínače, pouze místo jednoho magnetu velikosti 20×10×2 mm vložíme magnet poloviční (10×10×2 mm).

Časová náročnost (tisk + práce):

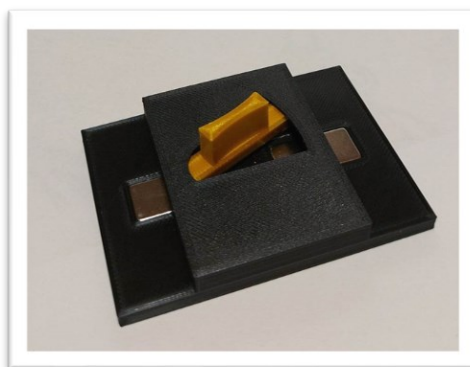
3¼ + 1 hod.

Celková cena materiálu:

37 Kč

Doporučený počet do soupravy:

3



P1.9 Měřicí přístroje

Použitý materiál:

součástka	počet ks	cena za ks	kde lze zakoupit
digitální voltmetr	1×	209 Kč	www.gme.cz
digitální ampérmetr	1×	209 Kč	www.gme.cz
magnet 40×7×3 mm	4×	25 Kč	www.unimagnet.cz
připojovací kabel pro 9V baterii	2×	6 Kč	www.laskakit.cz
9V baterie	2×	19 Kč	www.gme.cz
posuvný spínač	2×	8 Kč	www.gme.cz
šroub se zápustnou hlavou M2	8×	0,40 Kč	www.sroubyonline.cz

Odovídající 3D modely:

merak_spodek.stl, merak_vrsek.stl,
voltmetr_znacka.stl, ampermetr_znacka.stl

Množství filamentu:

63 g

Postup výroby:

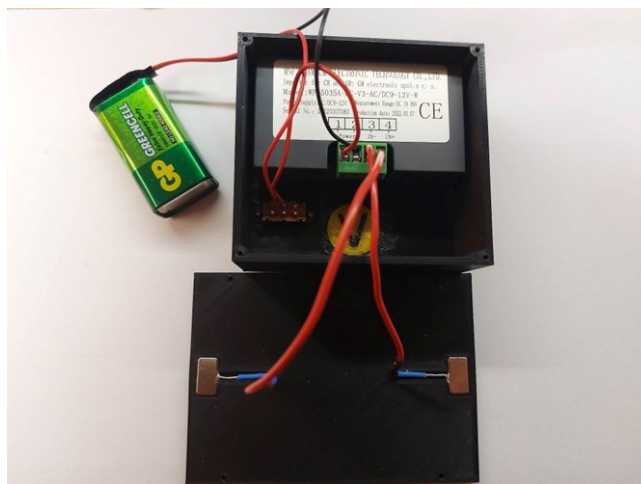
Nejprve vytiskneme všechny příložené 3D modely. Soubory merak_vrsek.stl a merak_spodek.stl vytiskneme dvakrát (jeden pro ampérmetr a jeden pro voltmetr), jelikož jsou oba měřicí přístroje totožné.

Po vytištění 3D modelů provrtáme otvory ve spodní části vrtákem průměru 2 mm, v horní části vytvoříme pomocí závitníku závit. Dále přišroubujeme spínač do připraveného otvoru. Může se stát, že spínač nebude vlivem nepřesného tisku do otvoru zapadat, v takovém případě zdokonalíme otvor pomocí pilníku.

Dále vytiskneme soubory voltmetr_znacka.stl, ampermetr_znacka.stl, a to s co nejvyšší možnou přesností. Při slicování nastavíme, aby písmeno na vrchní části bylo vytištěno jinou barvou než kolečko pod ním. V našem případě je tedy kolečko zlaté a písmeno černé.

Po dokončení tisku pokračujeme sestavením krabičky. Kolečko s písmenem A, resp. V vlepíme pomocí vteřinového lepidla do otvoru v horní části krabičky na měřicí přístroj. Pokud se při tisku velikost otvoru nepatrně zmenšila, zvětšíme otvor pomocí pilníku nebo brusného papíru.

Dále budeme pracovat s elektronickou částí modulu. Měřicí přístroje se připojují pomocí svorkovnice, do které umístíme čtyři vodiče (viz Obrázek 62). Při letování vodičů respektujeme popis vodičů na patici. Dva vodiče (na kterých budeme měřit proud, resp. napětí) přiletujeme na kontaktní magnety zvenku (dbáme na jejich polaritu).



Obrázek 62 - vnitřní zapojení měřicího přístroje

Do dvou zbylých pozic ve svorkovnici umístíme vodiče sloužící k napájení měřicího přístroje z 9V baterie (dbáme na polaritu). Aby jej bylo možno vypnout, přerušíme jeden z napájecích vodičů spínačem.

Po dokončení výše uvedených kroků připojíme na koncovku 9V baterii a vše umístíme do připravené krabičky. Do spodní části vlepíme kontaktní magnety. Dbáme na to, aby byly vodiče od magnetů dostatečně dlouhé a mohli jsme v budoucnosti krabičku odšroubovat a vyměnit vybitou baterii.

Časová náročnost (tisk + práce): 7¼ + 1 hod. (na jeden měřicí přístroj)

Celková cena materiálu: 294 Kč (za jeden měřicí přístroj)

Doporučený počet do soupravy: 1+1 ks



P1.10 Přehled doporučených počtů modulů v soupravě

součástka	počet ks
žárovka	4×
LED	4× ²⁶
rezistor	4×
motor	1×
zdroj	1×
přepínač	2×
spínač	3×
ampérmetr	1×
voltmetr	1×

P1.11 Vodiče

V této kapitole se zaměříme na výrobu vodičů. V kapitole 4.1.1. jsme uvedli tabulku shrnující námi doporučený počet i barevné varianty vhodných vodičů do soupravy. Pro lepší přehlednost uvádíme tabulku ještě jednou:

Délka vodiče	Barva pro použití na křídové tabuli	Barva pro použití na bílé tabuli	Doporučený počet kusů v soupravě
15 cm	bílá	černá	3
20 cm	červená	červená	4
30 cm	žlutá	zelená	4
50 cm	modrá	modrá	3

Použitý materiál (na jeden vodič):

součástka	počet ks	cena za ks	kde lze zakoupit
distanční sloupek M3, 10 mm	2×	4,25 Kč	www.gme.cz
šroub se zápust. hlavou M3×8	2×	0,20 Kč	www.sroubyonline.cz
magnet v kovovém pouzdře s otvorem na šroub	2×	9 Kč	www.unimagnet.cz

²⁶ vzhledem k navrhovaným aktivitám alespoň dvě červené

Dále uvádíme materiál pro všechny námi vyráběné barvy vodičů. Při výrobě soupravy pro bílou/křídovou tabuli vybereme vždy materiály barvy dle tabulky výše.

součástka	počet m	cena za m	kde lze zakoupit
lanovaný vodič bílý ø 1 mm	1	5 Kč	www.kvelektro.cz
lanovaný vodič červený ø 1 mm	1	4 Kč	www.kvelektro.cz
lanovaný vodič žlutý ø 1 mm	2	4 Kč	www.kvelektro.cz
lanovaný vodič modrý ø 1 mm	2	4 Kč	www.kvelektro.cz
lanovaný vodič černý ø 1 mm	1	5 Kč	www.kvelektro.cz
lanovaný vodič zelený ø 1 mm	2	4 Kč	www.kvelektro.cz
smršťovací bužírka bílá ø 4,8 mm	1	17 Kč	www.kvelektro.cz
smršťovací bužírka červená ø 4,8 mm	1	17 Kč	www.kvelektro.cz
smršťovací bužírka žlutá ø 4,8 mm	1	27 Kč	www.obi.cz ²⁷
smršťovací bužírka modrá ø 4,8 mm	1	17 Kč	www.kvelektro.cz
smršťovací bužírka černá ø 4,8 mm	1	17 Kč	www.kvelektro.cz
smršťovací bužírka zelená ø 4,8 mm	1	17 Kč	www.kvelektro.cz

Poznamenejme, že u bužírek je nejmenší možnou prodávanou délkou jeden metr. Při výrobě však spotřebujeme výrazně menší množství.

Postup výroby:

Jelikož je smršťovací bužírky s vnitřním průměrem 5 mm, které by pro nás byly ideální, téměř nemožné sehnat, musíme se spokojit s bužírkami o průměru o 0,2 mm menším. Před přípravou vodiče uřízneme z příslušné bužírky kousek takové délky, aby překryl celý distanční sloupek, pájený spoj, a ještě kousek vodiče (tedy cca 15–18 mm). Bužírku – například pomocí pinzety – roztáhneme tak, aby se později lépe navlékala na distanční sloupek, nepatrně tak zvětšíme její průměr.

Při výrobě postupujeme dále tak, že nejprve do půlky distančního sloupku zašroubujeme šroub (aby se závit nezaplnil cínem, až budeme letovat). Z druhé strany zaplníme vnitřní část sloupku cínem a zaletujeme dovnitř konec vodiče uříznutého na požadovanou délku (viz tabulka s délkami a barvami vodičů na začátku podkapitoly).

Před letováním vodiče doporučujeme navléknout na vodič připravený kus bužírky. V opačném případě bude posléze nutno bužírku přetáhnout přes celý distanční sloupek a ještě o kus dál, aby došlo k překrytí vodiče. Jelikož je ale práce

²⁷ Alternativně lze využít smršťovací bužírku žluto-zelenou za 18 Kč/m. Zakoupit lze na www.kvelektro.cz

s bužírkou náročná (vzhledem k velmi těsnému průměru), je jednodušší převlékat bužírku pouze přes distanční sloupek. Tento postup se nám v praxi osvědčil.

Ve chvíli, kdy máme bužírku připravenou tak, že překrývá celý distanční sloupek, odhalenou část vodiče a i kus vodiče izolovaného, smrštíme ji. Pro smrštění použijeme horkovzdušnou pistoli, případně zapalovač. Při použití zapalovače je nutno dbát na to, abychom bužírku neseškvařili, neboť to nevypadá esteticky dobře. Při použití horkovzdušné pistole toto nehrozí.

Na závěr již pouze našroubujeme do připraveného distančního sloupku magnet pomocí šroubu se zápustnou hlavou. Tímto je vodič hotov.

Časová náročnost (jeden vodič) 10 min.

Celková cena materiálu (jeden vodič): cca 35 Kč (záleží na barvě a délce vodiče)

