
Univerzita Karlova, Matematicko-fyzikální fakulta

Dílny Heuréky 2021

SSPŠ, Praha, 17. – 19. 9. 2021

Dílny Heuréky 2021

Sborník konference projektu Heuréka (Praha, 17. 9.–19. 9. 2021)

Editor sborníku: RNDr. Věra Koudelková, Ph.D.

Pro Katedru didaktiky fyziky MFF UK vydalo nakladatelství MatfyzPress v Praze v roce 2022 jako svou 652. publikaci.

Text neprošel recenzním ani lektorským řízením nakladatelství MatfyzPress.

Nakladatelství MatfyzPress neodpovídá za kvalitu a obsah textu.

Publikace byla vydána pro potřeby účastníků konference a učitelů fyziky zúčastněných v projektu Heuréka.

Všechny příspěvky byly recenzovány, za jejich obsah však zodpovídají autoři.

Projekt Heuréka byl v roce 2021 podpořen v rámci Institucionálního plánu pro MŠMT ČR pro Univerzitu Karlovu a Elixírem do škol, z.ú.

1. vydání

ISBN 978-80-7378-458-4

Obsah

Obsah.....	3
Úvod: Změna je život.....	4
Vít Boček: Hrajeme si s odporem	7
Pavel Böhm, Jakub Jermář: Experimenty s Vernierem.....	21
Jiří Dolejší: Odporná zkoušečka	23
Jana Doležalová, Jitka Houfková: Pokusy s příběhem	26
Leoš Dvořák: Hrající destička	29
Karel Heřman: Hustota v injekční stříkačce.....	44
Zdeněk Hubáček: Vrtulníky na gumový pohon	46
Miroslav Jílek: Simulujeme	50
Dana Juchelková: Zvukné hračky	61
Květa Kolářová, Lenka Kramářová: Čtvero ročních období.....	79
Věra Koudelková: Kapky a kapičky	90
Zdeňka Koupilová, Tomáš Popek: Pokusy z mikrosvěta na SŠ	96
Čestmír Krejčí: Víno a vše kolem něj – upgrade	102
Jiří Kvapil: Urychlovač ve škole	112
Kateřina Lipertová: Lodky a lodičky 2.....	124
Adéla Marschallová Rumlerová: Chemie v rukách fyzika.....	133
Barbora Mikulecká: Geometrická optika nejen v akváriu	139
Václav Pazdera: Kyklop – detektor náboje a elektromagnetického pole 2v1.....	164
Jitka Piskačová: Přání s LED	169
Zdeněk Polák: Termočlánek v hodinách fyziky.....	173
Jitka Soukupová a Andrea Tláskalová: S žabákem Beppem v kuchyni.....	184
Hana Trhlíková: Hydraulický zvedák.....	190
Daniel Vybíral: Usměrnování střídavého proudu	196

Úvod: Změna je život

Změna je život, praví známé rčení. Ve fyzice ovšem změna znamená i leccos jiného. Třeba $\Delta \vec{r}$ ukazuje, o kolik a kterým směrem jsme se posunuli. $\Delta \Phi$ zas vystihuje, jak se zvýšil nebo snížil magnetický indukční tok. A Δt nám říká, za jak dlouho se to stalo. Protože, ať chceme nebo nechceme, čas(y) se mění.¹

Jak ví každý fyzik a fyzikář², vydělením příslušných veličin dostaneme rychlost změny: $\Delta \vec{r}/\Delta t$ je rychlost pohybu, $\Delta \Phi/\Delta t$ dá velikost indukovaného napětí. Tedy přesněji: průměrnou rychlost pohybu a velikost průměrného indukovaného napětí.

„Jak to probíhá souvisí s konferencí Dílny Heuréky?“, můžete se teď zeptat.³

Souvislost tu je, a nejen proto, že všechno souvisí se vším. V případě Dílny Heuréky máme $\Delta t = 2$ roky. Tak dlouho uplynulo od poslední konference v roce 2019 v Náchodě. V roce 2020 se vinou koronavirových omezení Dílny Heuréky nekonaly, poprvé od svého nultého ročníku v roce 2002. Inu, časy se mění...

Těch změn bylo v uplynulých dvou letech opravdu hodně. Nemá smysl připomínat, co vše dosud samozřejmé přestalo platit, nad čím vším jsme skřípali zuby, a naopak, co nového jsme se naučili a zvládli. Heuréka rozhodně neupadla do letargie, a to jí (a nám všem) slouží ke cti. Online seminářů, akcí a setkání se konalo dost a dost a pomáhaly nám tu nelehkou dobu zvládnout. Vlastně ne, to jsem napsal špatně, ty semináře a setkání přes kamery a mikrofony na nás nesestoupily samy odněkud shůry, aby nám pomáhaly. To my všichni jsme si pomáhali navzájem – a i v tom se ukázalo, jak je cenné, že nejsme každý sám, že jsme velká parta fyzikářů a fyzikářek, kde vždy jde najít pomocnou ruku, radu, nebo prostě parťáka na popovídání.⁴

Abychom se vrátili ke konferenci. Čistě kvantitativně vzato, když vezmeme počet dílen, tak v roce 2019 jich bylo 25, v roce 2021 rovněž tolik. Takže $\Delta n = 0$, žádná změna. Účastníků bylo v roce 2019 celkem 137, plus asi dvacítku dětí; v roce 2021 to bylo 109 účastníků, tentokrát včetně 12 žáků školou povinných. To je sice pokles, ale vzhledem k dosud „probíhajícímu kovidu“ (který navíc zamezil i příjezdu zahraničních účastníků), to nemusíme vidět nijak tragicky. Ostatně, proto je tu sborník, aby všem, kdo nemohli přijet, dal informace, náměty a návody, které by jinak získali na konferenci.

Velkou změnou bylo ono $\Delta \vec{r}$. Z Náchoda se Dílny Heuréky přesunuly na Smíchovskou střední průmyslovou školu v Praze. Velký dík patří Věře Krajčové, že spolu s pomocníky dokázala připravit pro konferenci prostředí přátelské, přívětivé a funkční (navzdory tomu,

¹ Pamětníci mohou vzpomenout na refrén české verze Dylanova songu nazpívaného před více než půlstoletím trojicí Golden Kids: „Každý ví, časy se mění...“.

² A samozřejmě i fizička a fyzikářka... Pardon, že toto je upřesněno až zde v poznámce; snad ale v tomto textu (navzdory tomu, že časy se mění) může laskavý čtenář či čtenářka tolerovat v češtině běžné generické maskulinum...

³ Pečlivý čtenář tohoto sborníku se navíc může podívat na seznam dílen na konferenci, konstatovat, že žádná nebyla speciálně věnovaná ani elektromagnetické indukci ani výpočtům rychlosti, a pomyslet si o autorovi tohoto Úvodu, že už to nemá v hlavě v pořádku...

⁴ Někde, tuším v některé knížce Terryho Pratchetta (omlouvám se, že jako starý sklerotik si teď nevybavím zdroj), je napsáno něco v tom smyslu, že valná část lidských hovorů prostě znamená sdělení a ujištění, že „já jsem naživu, a ty taky“. Myslím, že uplynulé období nám ukázalo, že tohle vůbec není málo.

že zde probíhala částečná rekonstrukce).⁵ Kvantifikovat rychlost přesunu asi nemusíme, nevychází příliš velká.⁶ Ale odpoutat se od místa, kde Dílny Heuréky strávily 17 let⁷, je změna veliká. Navíc, když vedla k rozhodnutí, že by naše konference mohla být „putovní“. Takže příští rok se budeme těšit do Olomouce, pak zas jinam... a časem možná zase někdy do Náchoda.

Jak už jsme konstatovali, vydělení celkovým Δt dá změnu průměrnou. Ovšem ta nemusí dát adekvátní pohled na to, co se dělo. Například v transformátoru připojeném k síti je za dobu 0,1 s změna magnetického indukčního toku $\Delta\Phi = 0$, takže nulové je i střední indukované napětí. Ale za těch pět period síťového napětí se přitom tok mění velmi výrazně a napětí na primáru dosahuje až ± 400 V. Podobně mocné a rychlé byly za ty dva roky změny v naší výuce a v lecčem dalším kolem nás. Takže nezměněný počet dílen na konferenci mezi lety 2019 a 2021 rozhodně nevypovídá o stagnaci, ale spíš o tom, jak jsme navzdory nejružnějším negativním vlivům dokázali navázat na léta minulá.

Proto se můžeme vrátit i k úvodnímu rčení, že *změna je život*. Laik by se mohl ptát, proč ho zmiňujeme ve sborníku, který se týká výuky fyziky. Ale i z fyziky vidíme, že život potřebuje změnu a dynamiku: statický a neměnný kus krystalu nežije.⁸ A navíc nám v Heuréce nejde jen o samotnou fyziku, ale právě o její výuku. A tam jsou změna, dynamika a interakce klíčové.

Dílny Heuréky jsou konferencí rozhodně „nestatickou“, dynamiky a interakcí je v nich opravdu dost. Vždy se snaží přinášet nové podněty a být akcí, která účastníkům dodá elán a v dobrém smyslu je „nakopne“ v tom, jak zlepšovat svou výuku a s čím novým do ní přijít. A účastníci to oceňují. Nejinak tomu bylo i v roce 2021. Svědčí o tom i jejich vyjádření v anketě po konferenci. Stojí za to zde pár z nich uvést jako doklad toho že, jednoduše řečeno, Dílny Heuréky „fungují“ a mají smysl:

- Super a úžasné jako vždy. Perfektně mě to nabilo pozitivní energií po roce a půl on-line výuky.
- Byla to náhrada Náchoda, ale více než důstojná. Věrka Krajčová byla fakt dobrá a dílny byly skvěle připravené a vedoucí dílen byli ochotni i mimo svoje dílny a podělili se o materiál. ... Jirka v Olomouci má nastavenou laťku vysoko. :)
- Ani jsem se moc netěšila, protože mě září ve škole zcela převálcovalo, do toho už máme třídy v karanténě, prostě blázonec. Tady to byla oáza, kde jsem opravdu přestala myslet na starosti a načerpala nápady i energii. Samotnou mě překvapilo, jak moc mě to nakonec bavilo.
- Je skvělé, kolik pedagogů se ve svém volném čase rádo vzdělává :-)
- Sama jsem dřív nebývala velkým fanouškem fyziky, dokonce to byl můj nejméně oblíbený předmět. Z pohledu studenta mohu říct, že Dílny Heuréky mi ukazují, jak

⁵ Jen množství a výška pater kladly na účastníky malinko větší nároky. Ale jednak jsme díky tomu ocenili fyzickou zdatnost učitelů dané školy a jednak konstatovali, že to snad trochu prospěje i zdatnosti naší. ☺

⁶ Kdyby to někdo počítal, tak $|\Delta\vec{r}/\Delta t|$ je něco přes 2 mm/s.

⁷ Od 2002 do 2019 to bylo 18 ročníků, ale v r. 2007 byla konference výjimečně v Kyjově.

⁸ Pokud namítnete, že krystaly křemíku v počítačových čipech toho dokážou hrozně moc (a že na počítači můžeme spustit třeba Conwayovu hru *Life*), lze opáčit, že v běžícím počítači je změn a dynamiky spousta.

zábavná fyzika může být, a přála bych všem studentům, aby je vyučovali učitelé tak zapálení, jako jsou zde, protože nadšení pro fyziku a snaha ukázat ji zábavnou a kreativní formou dělá opravdu hodně.

- Studna nápadů nikdy nevysychá a kdyby mě někdy napadlo, že ano, tady mě z toho hned vyvedou...
- Máme (učitelé fyziky a jejich příznivci) velké štěstí, že můžeme navzájem sdílet nápady, pomáhat si, či jen se setkávat při takových akcích. Člověku to dobíjí baterky a nutí ho to stále přemýšlet, stále na sobě pracovat. Díky za to.
- Navzájem si pomáháme, navzájem se inspirujeme...

Tak ať vám jsou příspěvky v tomto sborníku⁹ dobrou inspirací!

V Praze, 30. 1. 2022

Leoš Dvořák

⁹ Najdete jich tu 23; se dvěma příspěvky, které do vydání sborníku nebyly dodány, se snad budete moci seznámit někdy příště.

Hrajeme si s odporem

Vít Boček

Gymnázium Evolution Sázavská, KDF MFF UK

Abstrakt

Příspěvek má za cíl představit možnosti kreslení elektrických obvodů tužkou, speciální propiskou a barvou a znázornit základní vlastnosti elektrických obvodů vycházející z Ohmova zákona.

Úvod

Grafitová tužka za sebou zanechává stopu, která – pokud je správně vytvořena – vede elektrický proud. V příspěvku jsou uvedeny naměřené závislosti elektrického odporu na délce a šířce čáry a počtu tahů, kterými byla vytvořena. Za pomoci voltampérové charakteristiky čáry je odvozen Ohmův zákon a popsány jeho důsledky. Článek se zabývá také vlastnostmi a parametry komerčních produktů *Circuit Scribe* a *Bare Conductive* sloužících ke kreslení elektrických obvodů. V textu jsou také popsány experimenty, aktivity a postupy, které lze využít jako inspiraci do hodin fyziky.

Kreslení tužkou a zavedení elektrického odporu

Na kreslení vodivých obvodů je z běžně dostupných tužek nejvýhodnější tužka 8B, neboť jde o jednu z nejměkčích tužek, a čím je tužka měkčí, tím více vodivého grafitu ulpí na papíru, a tím lépe čára povede elektrický proud. Ze stejného důvodu je také vhodné použít hrubší papír. S klesající tvrdostí tuhy také roste podíl uhlíku na úkor jílů a vosku. Tužka 8B obsahuje 90 % uhlíku [1]. Pro kontext uvádíme odpor tuhy o délce 17 cm v tužce 8B od firmy *Koh-i-noor Hardtmuth*, který byl změřen na $3,8 \Omega$.

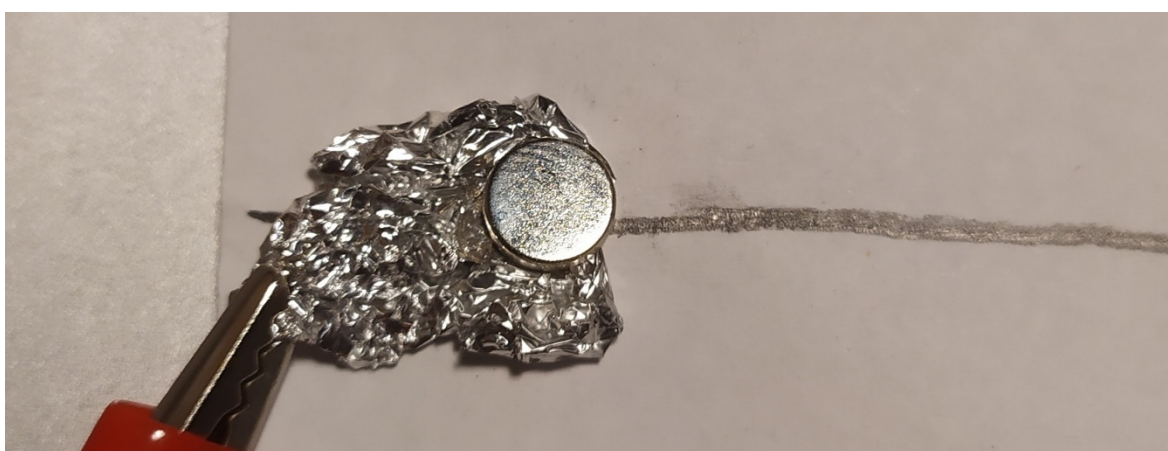
Studenti můžou kreslit různé čáry, měřit multimetrem jejich elektrický odpor a pokusit se vytvořit takovou čáru, která bude mít odpor co nejmenší. Během experimentování dojdou ke zjištění, že delší čára má větší odpor a širší čára naopak odpor menší.

Přesnost naměřených dat je však závislá na mnoha faktorech, jako jsou např. síla ruky působící na tužku při kreslení, velikost a tvar hrotu tužky a hrubost papíru. Zásadní je také počet tahů tužkou, kterými byla čára nakreslena – papír není hladký a grafit tak při jednom tahu neulpí na papíru ve spojitých úsecích, což způsobí, že čára nemusí být vodivá.

Experimentálně bylo zjištěno, že měřený odpor nezávisí na síle přitlačování kontaktů, ani na jejich ploše. Lze tedy použít běžné sondy multimetru a odpor si každý student bude moci měřit sám. Pro uchycení vodičů k čáře lze použít sponku připájenou k vodiči (nebo připojenou ke krokosvorce), která přitlačí kousek alobalu k čáře – ten zajistí dobrý vodivý kontakt a sponka dostatečný přitlak (obr. 1). Dalším možným připojením je použití dvou magnetů – z každé strany papíru jeden. Neodymové magnety jsou tak silné, že dokážou „přicvaknout“ k čáře alobal, nebo jiný vodič (obr. 2). Tyto magnety mají dobře vodivý povrch, takže je možné přichytit magnetický vodič přímo k magnetu (obr. 3).



Obr. 1. Kontakt mezi čarou a vodičem pomocí alobalu a sponky.



Obr. 2. Kontakt mezi čarou a vodičem pomocí alobalu a magnetu.



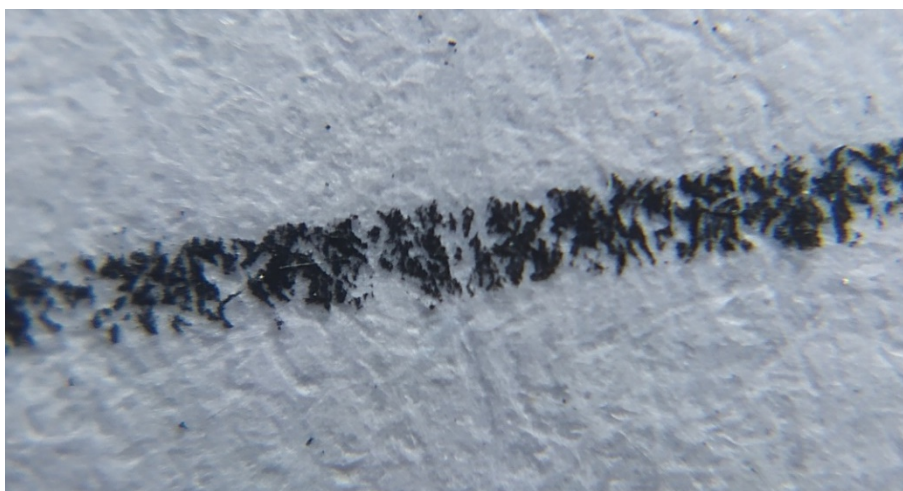
Obr. 3. Kontakt mezi čarou a vodičem pomocí magnetu a krokosvorky.

Na obr. 4 jsou čáry o délce 10 cm nakreslené tužkou 8B, vytvořené postupně 1, 2, 4, 6, 8, 10 a 20 tahy. Při jednom tahu čára není spojitá, a je tedy nevodivá (obr. 5). Během dalších tahů se postupně odpor snižuje a po dvaceti a více tazích již na papíru neulpívá o mnoho více grafitu a vodivost čáry se tak zvyšuje jen minimálně (viz graf 1). Při zvyšování počtu

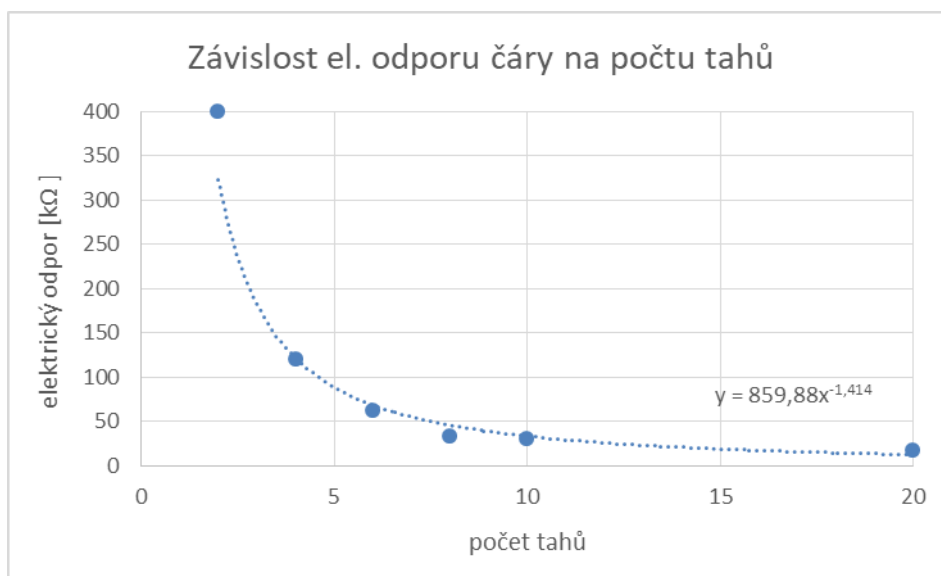
tahů se však u takto měkké tužky stává, že jsou čáry čím dál širší, čímž dochází ke snížení odporu čáry a mění se tak podmínky při měření.

Délka čáry: 10 cm		
T1		$R1 = \infty \Omega$
T2		$R2 = 0,4 \text{ M}\Omega$
T4		$R3 = 120 \text{ k}\Omega$
T6		$R4 = 62 \text{ k}\Omega$
T8		$R5 = 33 \text{ k}\Omega$
T10		$R6 = 30 \text{ k}\Omega$
T20		$R7 = 17 \text{ k}\Omega$

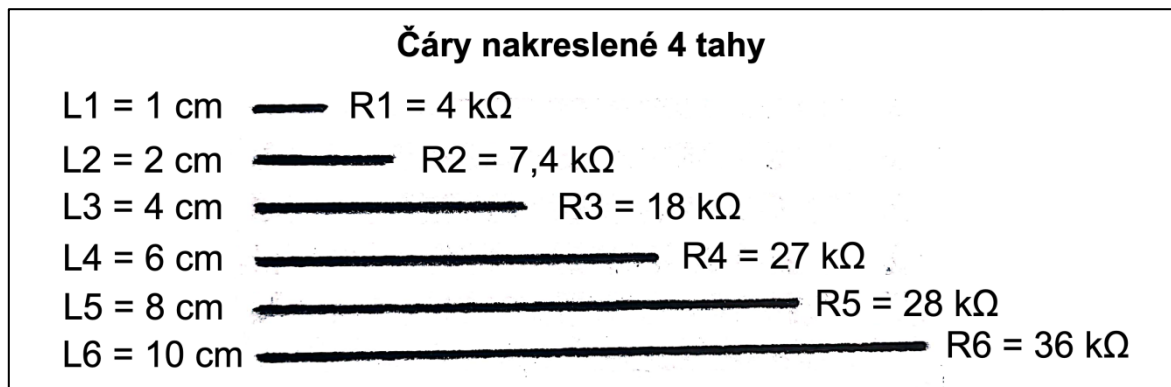
Obr. 4. Čáry délky 10 cm nakreslené různým počtem tahů.



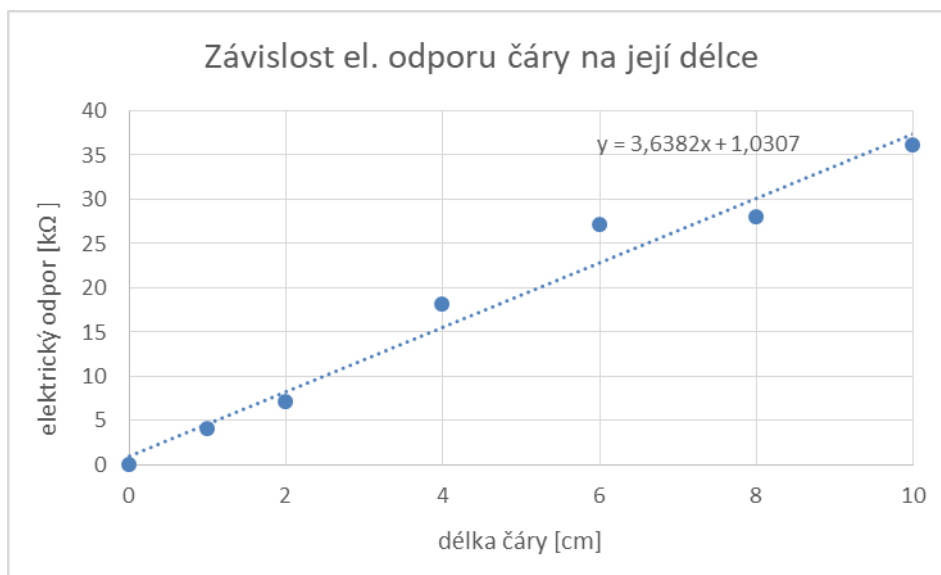
Obr. 5. Čára nakreslená jedním tahem není spojitá, tudíž nevede el. proud.



Na obr. 6 jsou čáry o délce 1, 2, 4, 6, 8 a 10 cm, nakreslené čtyřmi tahy (všechny tedy mají stejnou šířku). Odpor čáry se s její délkou zvyšuje lineárně (graf 2), což pozorujeme také u měděného válcového vodiče. Lineární zvyšování odporu s délkou je analogické k sériovému zapojení rezistorů – např. dvakrát delší čáru si představíme jako dva rezistory za sebou – odpor bude dvojnásobný, což u čáry funguje poměrně přesně.

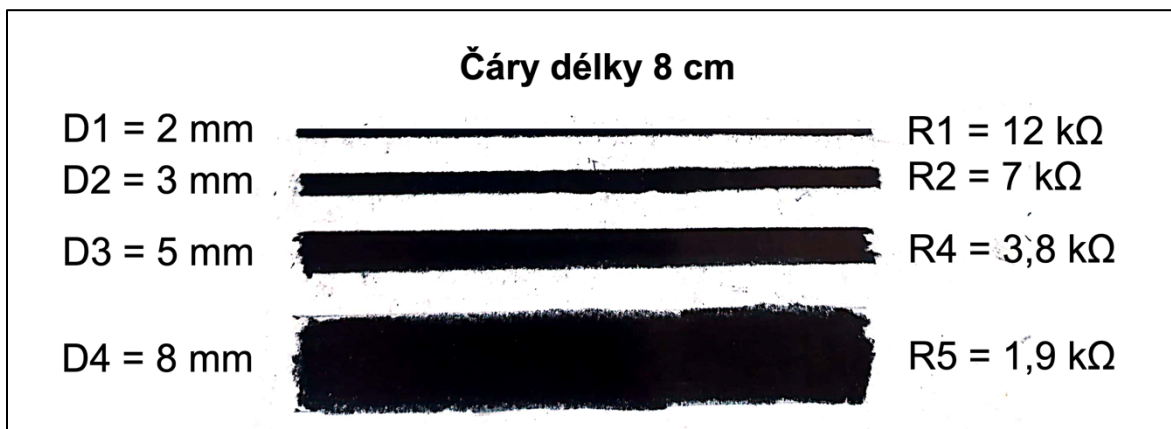


Obr. 6. El. odpor různě dlouhých čar nakreslených 4 tahy.

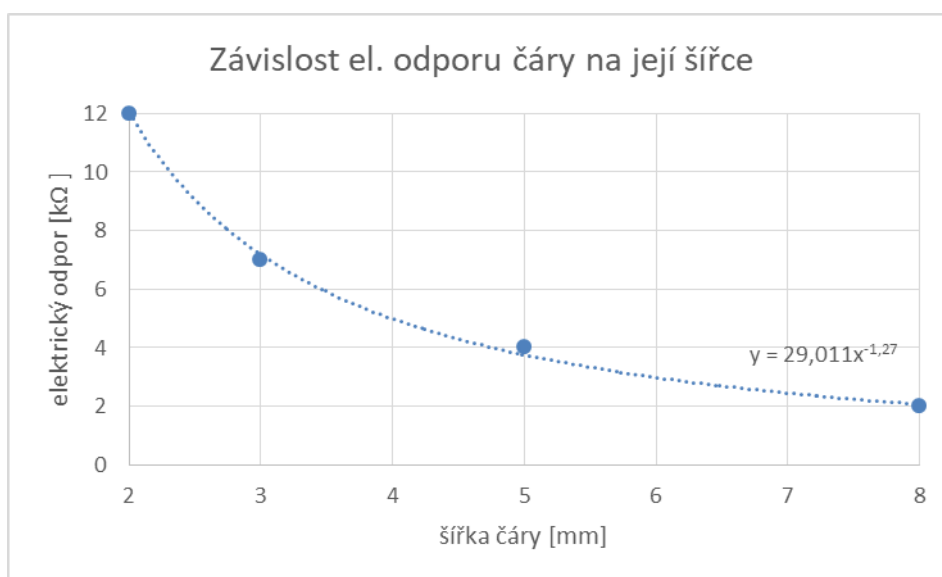


Graf 2. Závislost el. odporu čáry na její délce je lineární.

Na obr. 7 jsou čáry o délce 8 cm a šířce 2, 3, 5 a 8 mm, nakreslené takovým počtem tahů, při kterém už neulpíval na papíře téměř žádný další grafit a odpor se tedy neměnil. Odpor takové čáry se zvyšující se šířkou čáry klesá (graf 3). Můžeme opět použít analogii s rezistory, tentokrát zapojenými paralelně. Čára širší např. dvakrát představuje dvojici stejných paralelně zapojených rezistorů a odpor je tedy poloviční. Při ideálním experimentu s paralelními rezistory by závislost byla nepřímo úměrná. U různě širokých čar se závislost oproti rezistorům mírně liší a grafem je funkce s předpisem $y = 29 \cdot x^{-1,27}$.



Obr. 7. El. odpor různě širokých čar délky 8 cm, nakreslených velkým počtem tahů.



Graf 3. Graf závislosti el. odporu čáry délky 8 cm na její šířce.

Předchozí závislosti lze demonstrovat připojením spotřebiče. Odpor čáry je však poměrně velký – až o pět a více řádů, než je odpor měděného školního vodiče délky 20 cm s průřezem 1 mm². Rozpětí řádů je dáno zejména délkou a šířkou čáry a počtem tahů. Kvůli takto velkému odporu poteče obvodem poměrně malý proud (jednotky mA). Musíme tedy použít spotřebiče s nízkým příkonem, jako jsou např. LEDka, digitální budík, či kalkulačka. Je vhodné mít k dispozici také regulovatelný zdroj napětí, aby bylo možné měnit napětí zdroje podle parametrů kresby. Jelikož při experimentování můžeme snadno (i třeba omylem) skokově měnit proud obvodem, je velmi doporučené použít pro LEDky a další spotřebiče ochranný (předřadný) rezistor, aby nedošlo k jejich zničení.

Zapojení obvodu

Čára tužkou je do obvodu zapojena jako kdyby šlo o běžný vodič – propojuje tedy jeden pól zdroje s jedním přívodem spotřebiče. Zbylé kontakty od LEDky a od vodiče jsou připojeny ke zdroji (obr. 8). Pokud nejsou kontakty k papíru s čarou fixně upevněny, lze

s jedním z nich pohybovat po čáře a sledovat, jak se mění odpor (ilustrován např. jasnou LEDkou). Tímto experimentem v podstatě vytvoříme reostat.

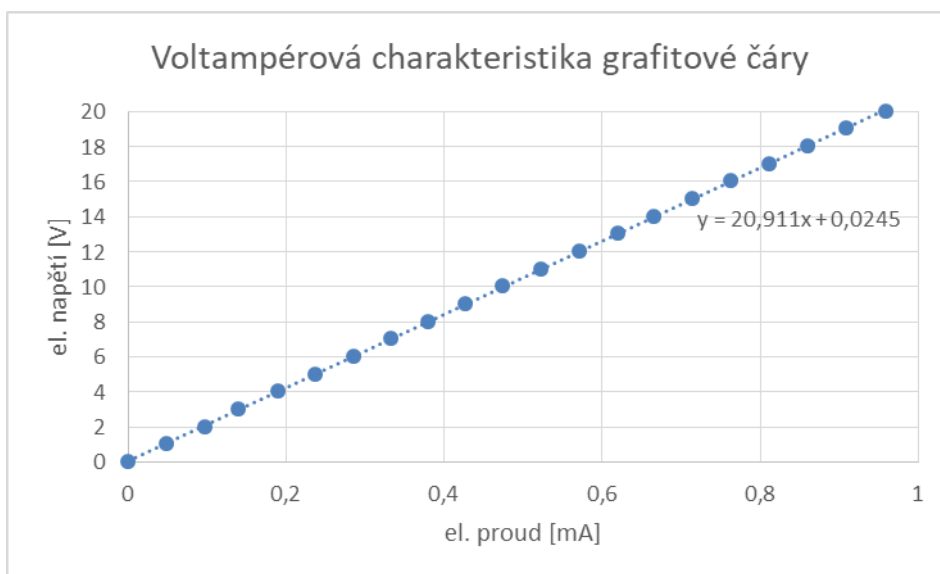


Obr. 8. El. proud prochází grafitovou čarou.

Experimentováním zjistíme, že při zvyšování napětí zdroje bude LEDka svítit jasněji. Dojdeme tak k závěru, že s rostoucím napětím zdroje poteče obvodem větší proud. Při pevném napětí a zkoušce čar o různých odporech pak pozorujeme, že s větším odporem čáry bude proud obvodem menší a LEDka bude svítit slaběji. Otázkou je, jak přesně taková závislost mezi odporem, napětím a proudem vypadá. To však můžeme snadno zjistit provedením voltampérové charakteristiky grafitové čáry. Díky ní uvidíme, „jak hodně“ se zvyšuje proud čarou se zvyšujícím se napětím. Z naměřených hodnot vyplývá, že závislost je lineární (graf 4). Dojdeme tak k závěru, že platí přímá úměrnost mezi napětím a proudem, tedy „kolikrát zvětšíme napětí, tolikrát se zvětší proud“. Taková závislost se nazývá Ohmův zákon a lze jej zapsat vztahem:

$$I = \frac{U_{\text{zdroje}}}{R_{\text{čáry}}}, \quad (1)$$

kde I je proud obvodem, U_{zdroje} je napětí zdroje a zároveň napětí na čáře, $R_{\text{čáry}}$ je odpor čáry. Měřená čára měla délku 15 cm, šířku 2 mm, byla vytvořena počtem tahů, při kterém už další grafit neulpívá na papíře a její odpor naměřený multimetrem byl 21 kΩ.



Graf 4. Voltampérová charakteristika grafitové čáry o odporu 21 kΩ.

Výpočty

Uvažujme konkrétní obvod se spotřebičem – el. odpor čáry o délce 15 cm a šířce 2 mm je cca 21 kΩ. Zapojíme zelenou LEDku (optimálně pracuje při napětí $U_{\text{opt.}} = 2,2$ V při odběru proudu $I_{\text{opt.}} = 20$ mA) do série a nastavíme zdroj napětí na $U_{\text{zdroje}} = 2,2$ V. LEDka se však nerozsvítí, nebo bude svítit velmi slabě. Grafitová čára totiž klade proudu velký odpor, a tak musíme zvýšit napětí zdroje, které už „protlačí“ obvodem vyšší proud.

Při sériovém zapojení čáry a LEDky platí, že napětí na zdroji je rovno součtu napětí na čáře a na LEDce, tedy:

$$U_{\text{zdroje}} = U_{\text{čáry}} + U_{\text{LEDky}} \quad (2)$$

Pro výpočet proudu I obvodem, a tedy také čárou (proud je ve všech částech sériového obvodu stejný), platí:

$$I = \frac{U_{\text{čáry}}}{R_{\text{čáry}}}, \quad (3)$$

tedy:

$$I = \frac{U_{\text{zdroje}} - U_{\text{LEDky}}}{R_{\text{čáry}}}. \quad (4)$$

Pokud bychom chtěli, aby LEDka svítila po zapojení čáry o odporu $R_{\text{čáry}} = 21$ kΩ stejně jasně jako bez čáry, potřebovali bychom, aby proud LEDkou $I = I_{\text{opt.}}$. Musíme tedy dostatečně zvýšit napětí zdroje. Ze vztahu (2) a (3) plyne, že potřebné napětí na zdroji je:

$$U_{\text{zdroje}} = I \cdot R_{\text{čáry}} + U_{\text{LEDky}} \quad (5)$$

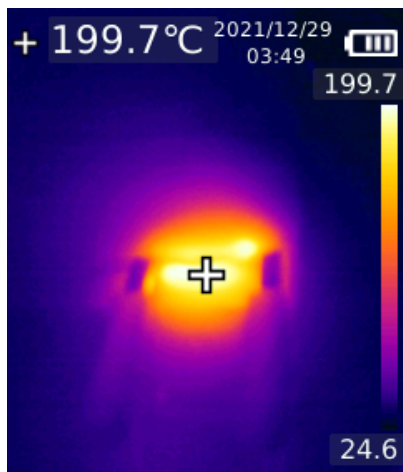
Po dosazení vychází napětí zdroje $U_{\text{zdroje}} = 422,2$ V.

Při takovém napětí však dochází k velkým ztrátám. Tepelný výkon na čáře $P_{\text{čáry}}$ vypočítáme jako součin napětí na čáře $U_{\text{čáry}}$ a proudu čárou $I_{\text{čáry}}$, tedy:

$$P_{\text{čáry}} = U_{\text{čáry}} \cdot I. \quad (6)$$

Po dosazení vypočteme, že výkon na čáře je 8,4 W a papír by jistě začal hořet. Papír však může vzplát i při použití nižšího napětí za předpokladu, že připojíme kratší (tedy lépe vodivou) čáru. Na obr. 9 je snímek z termokamery zachycující čáru o odporu 0,6 kΩ připojenou na napětí 30 V. Místo, kde byla vytvořena čára, se během několika sekund zahřálo na teplotu okolo 200 °C a poté papír začal hořet. K zahřátí papíru na zápalnou teplotu může dojít i v případě, že je k čáře do série připojený spotřebič. Je tedy třeba dbát opatrnosti – takto vysoké napětí není vhodné používat nejen kvůli riziku požáru, ale i proto, že může způsobit vážný úraz. Kromě toho také zdroj takto vysokého napětí nebývá standardním vybavením škol.

Pro demonstrační účely však není třeba používat vysoké napětí a spokojíme se s napětím nižším, které sice LEDku nerozsvítí maximálně, ale zato dostatečně. Při napětí zdroje $U_{\text{zdroje}} = 25$ V pro čáru o odporu $R_{\text{čáry}} = 20$ kΩ je na LEDce změřené napětí $U_{\text{LED}} = 1,95$ V a obvodem teče změřený proud $I_{\text{LED}} = 1,17$ mA. Při takovémto napětí a proudu LEDka viditelně svítí a lze demonstrovat výše zmíněné závislosti.

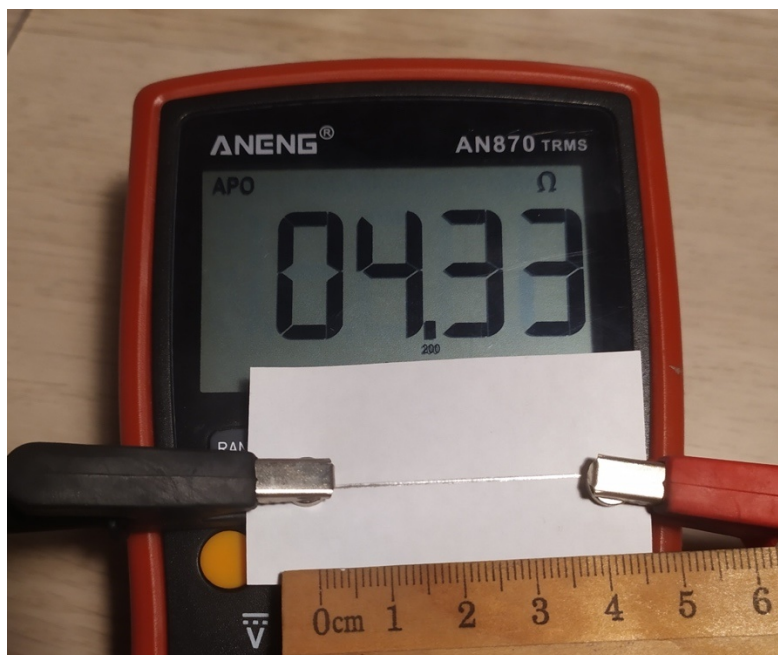


Obr. 9. Čára pod termokamerou. Obr. 10. Čára zapálila papír, poté se obvod přerušil.

Kreslení speciální propiskou *Circuit Scribe* (viz [2])

Kdybychom chtěli, aby kreslenými obvody tekla větší proud (a tedy např. LEDka svítila jasněji), je možné pořídit nejrůznější vodivé barvy a propisky, které fungují lépe než obyčejná tužka. My se budeme věnovat dvěma z nich – nejprve se zaměříme na propisku od firmy *Circuit Scribe*.

Výrobce na webu tvrdí, že odpor čáry je „ $<2 \Omega/\text{cm}$ “. Přímo na propisce je napsáno dokonce „ $1 \Omega/\text{cm}$ “. Z měření vyplývá, že čára dlouhá 4 cm má odpor 60Ω . To je oproti tužce fantastické zlepšení – odpor je nižší o několik řádů, avšak cca 10krát vyšší, než tvrdí výrobce. Pokud ale čáru obtáhneme (v našem případě 6krát), odpor se sníží na $4,3 \Omega$, tedy na cca $1,1 \Omega/\text{cm}$, což už je v souladu s tvrzením výrobce (obr. 11). Z experimentů lze usoudit, že dobře rozepsaná propiska dosahuje deklarovaných parametrů už po prvním, příp. druhém tahu.



Obr. 11. Čára nakreslená propiskou *Circuit Scribe*.

Před prvním použitím, nebo při použití po delší době, je tedy dobré s propiskou trochu zatřepat a rozepsat ji. Vhodné je také čáru stejně jako v našem případě několikrát obtáhnout pro případ, že by na chvíli vynechala – pak by celým obvodem nemohl protékat proud, nebo by protékal špatně. Na základě experimentů a zvětšení čáry bylo vyzorováno, že když se podaří nakreslit čáru o nízkém odporu, náplň tužky vytvoří po okrajích čáry malou „brázdu“ (obr. 12).



Obr. 12. Čára nakreslená pomocí *Circut Scribe* po přiblížení.

Hlavní vodivou složkou náplně propisky je stříbro. Díky tomu je možné na čáru pájet (obr. 13). To je užitečná vlastnost pro upevňování kontaktů a připojování součástek. Spoje jsou překvapivě pevné. Čím větší je styčná plocha drátku (resp. pájky) a čáry, tím je spoj pevnější. Síla potřebná pro odtržení měděného drátku o průměru 0,22 mm je v jednotkách newtonů. Např. spoj o délce cca 0,3 cm a šířce cca 0,5 mm (tedy styčné ploše cca 0,15 mm²) vydržel v tahu rovnoběžném s čárou sílu cca 3 N. Na papír je tak možné připájet i složitější obvody s větším množstvím součástek. Kreslení obvodů a pájení na vodivé čáry se zabývá autor videa „*You can draw circuits! But does it make sense? Conductive Ink Pen Experiment!*“ (viz [3]).



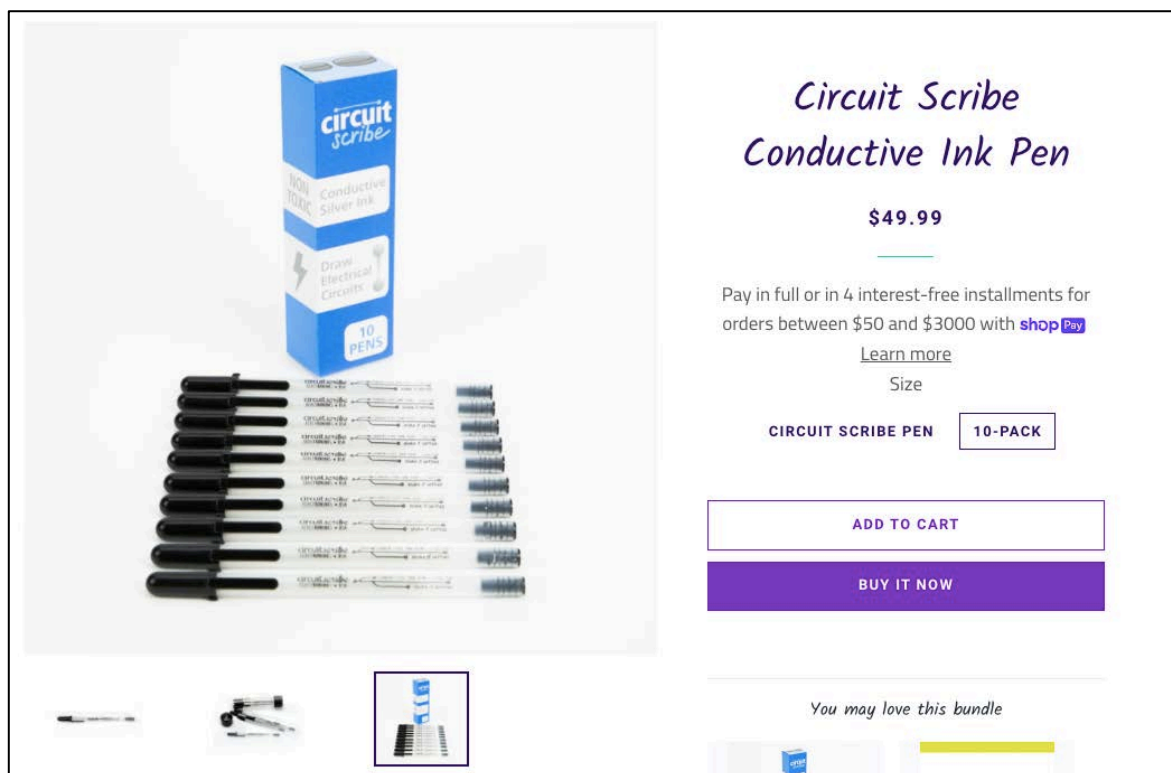
Obr. 13. Na čáru nakreslenou propiskou od firmy *Circut Scribe* je možné pájet.

S obvody nakreslenými propiskou *Circuit Scribe* bychom mohli provádět podobné výpočty jako v předchozí kapitole, ale šlo by v podstatě o totéž, pouze s nižší hodnotou odporu. Pro představu experimentů s vodivou propiskou zmíníme pouze praktická pozorování.

Odpor čáry je tak nízký, že při srovnání čáry se stejně dlouhým měděným školním vodičem délky 20 cm s průřezem 1 mm^2 je jas LEDky okem nerozlišitelný. Je třeba dát pozor na střídavé zkoušení obvodů s čarou od tužky a od propisky – pokud nastavíme vysoké napětí na čáru s tužkou a poté přepojíme na čáru od propisky, zcela jistě LEDku zničíme. Proto je opět velmi doporučeno použít pro LEDky ochranný rezistor. S touto propiskou lze také kreslit elektrické obvody do sešitu, přilepit do něj knoflíkovou baterii a různým propojováním kontaktů (třeba další čarou, ohnutím papíru atp.) zkoušet elektrické obvody přímo v sešitu, bez potřeby robustní aparatury, kterou si studenti navíc nemůžou vzít domů.

Za zmínku stojí, že na e-shopu společnosti lze zakoupit také kelímek s vodivou barvou (zřejmě stejnou, jaká se nachází v propiskách). U barvy výrobce uvádí odpor „25 m Ω /sq“. Vysvětlení jednotky Ω/sq je v následující kapitole.

Firma *Circuit Scribe* sídlí v USA a bohužel nemá v Česku distribuci. Přesto lze jednoduše propisku objednat přes internet. Kromě ceny tužky je nutné zaplatit také dopravu, clo a DPH. Při objednávce balení 10 ks je celková cena cca 200 Kč za propisku.



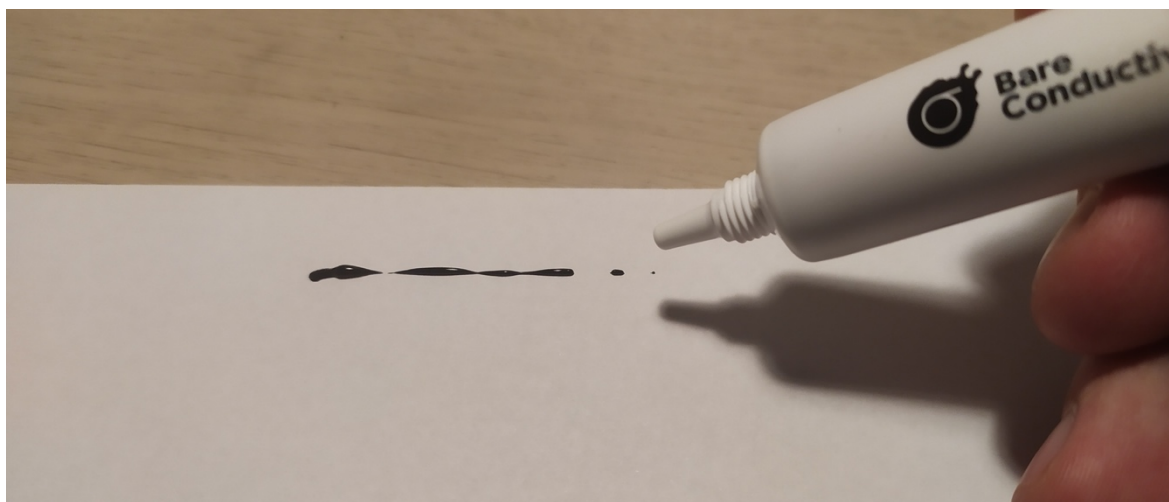
Obr. 14. Tužka *Circuit Scribe* umí nakreslit vodivou čáru.

Kreslení speciální barvou *Bare Conductive* ([4])

Na internetu lze pořídit i další vodivá pera a vodivé barvy. Jednou z nich je barva od firmy Bare Conductive. Výrobce tvrdí, že odpor namalovaného obrazce je při vrstvě 50 mikrometrů 55 Ω/sq . Jde o jednotku plošného odporu (viz [5-7]) („sq“ jako square,

tedy čtverec), představující odpor dané plochy. Pokud tedy bude mít původní čtverec o straně a (bez ohledu na svou velikost – tedy na délku a) odpor $55\ \Omega$, obdélník s šířkou a a délkou n krát a bude mít odpor n krát $55\ \Omega$ (při měření mezi nejvzdálenějšími stranami). Např. odpor obdélníku s délkou $3a$ a šířkou a tedy bude $165\ \Omega$. Čtverec o straně $3a$ má odpor také $55\ \Omega$. Můžeme si představit, že takový čtverec je složený ze tří obdélníků o rozměru a krát $3a$. Výsledný odpor odpovídá odporu tří shodných rezistorů zapojených paralelně.

Hlavní vodivou složkou barev *Bare Conductive* je uhlík. Na čáru tak není možné pájet kontakty a je třeba je uchytit podobně jako u čáry tužkou. Barva má konzistenci podobnou temperě (obr. 15) – po vytlačení z nádoby je třeba ji rozetřít. Barva se natírá snadno a dobře kryje; je tak ideální na vytváření vodivých ploch.



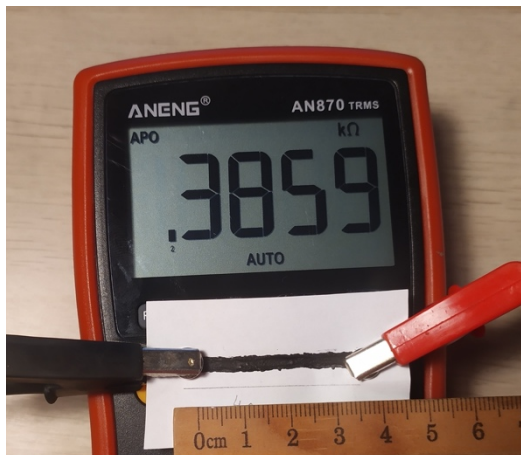
Obr. 15. Vodivá barva *Bare Conductive* má konzistenci tempery.

Vodivost barvy *Bare Conductive* a čáry propiskou *Circuit Scribe* lze těžko srovnávat, neboť propiska je určena pro kreslení tenkých čar a každá z nich má podobnou vrstvu vodivé látky a *Bare Conductive* slouží naopak k vytváření vodivých ploch a vrstva barvy (tedy i odpor) je dána tím, jak hodně barvu rozetřeme. Proto je nejvhodnější porovnat plošný odpor barvy *Bare Conductive* ($55\ \Omega/\text{sq}$) a barvy nabízené na e-shopu firmy *Circuit Scribe* ($25\ \text{m}\Omega/\text{sq}$). Zjistíme tak, že odpor *Bare Conductive* je cca 2 200 krát vyšší než odpor barvy *Circuit Scribe*. Pokusíme se toto zjištění „ověřit“ velmi hrubým odhadem porovnáním odporů čar.

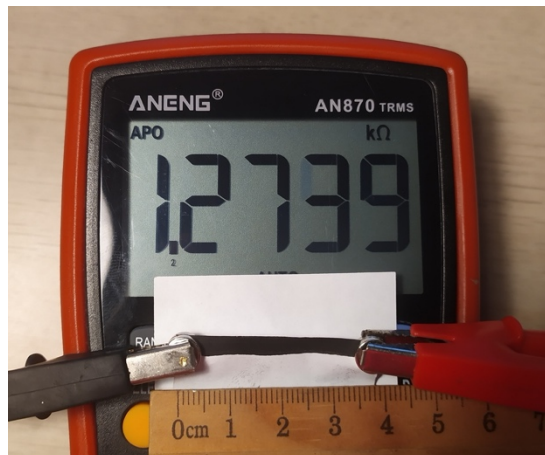
Byl změřen odpor dvou různě rozetřených čar dlouhých cca 4 cm a širokých cca 3 mm. Při mírném rozetření vytlačené barvy měla čára odpor $0,4\ \text{k}\Omega$ (obr. 16), tedy cca 100 krát vyšší než u *Circuit Scribe* (tato čára má však šířku cca 0,5 mm) a cca 10 krát nižší než u čáry tužkou. Druhá čára rozetřená „hodně“ – tedy tak, že už víc rozetřít nešla, měla odpor $1,3\ \text{k}\Omega$ (obr. 17), tedy cca 300 krát vyšší než u *Circuit Scribe* a cca 3 krát nižší než u čáry tužkou.

Čára *Circuit Scribe* je široká cca 0,5 mm a má odpor cca $4,3\ \Omega$. Čára *Bare Conductive* (hodně rozetřená) je široká cca 3 mm a má odpor cca $1\ 300\ \Omega$. Předpokládejme, že čára *Bare Conductive* by při tloušťce 0,5 mm měla odpor šestinásobný, tedy $7\ 800\ \Omega$, což je cca 1 800 krát větší odpor než odpor čáry *Circuit Scribe*. Na základě hodnot plošného odporu, které výrobci uvedli, byl výsledek 2 200 krát větší – odhad tedy řádově souhlasí, což lze

považovat za uspokojivý výsledek. Výrobci tedy udávají pravdivé hodnoty odporu, který budou mít čáry při reálném použití.



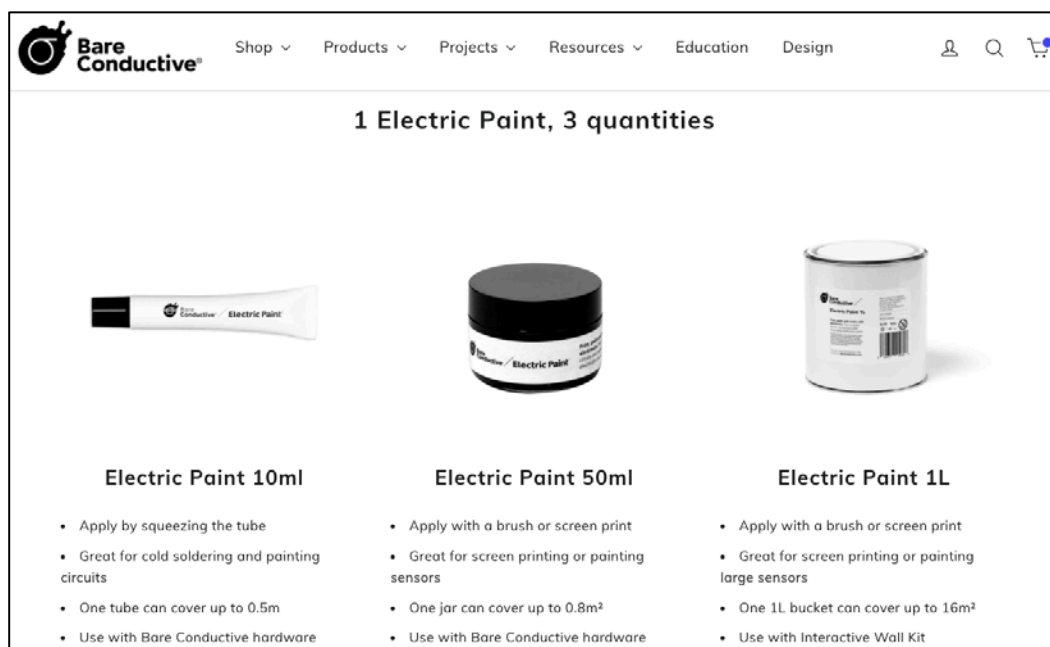
Obr. 16. Odpor „málo rozetřené“ barvy.



Obr. 17. Odpor „hodně rozetřené“ barvy.

Výhoda barvy *Bare Conductive* oproti tužce je, že se snadněji nanáší a lze tak jednoduše pokrýt větší plochu. Oproti *Circuit Scribe* je nevýhodná v tom, že má nižší vodivost, nedá se na ni pájet, je potřeba ji roztírat a špiní. Při měření odporu je nutné počkat, než barva dostatečně vyschne. V hydratovaném stavu má čára řádově vyšší odpor než čára vyschlá.

Pomocí dvou papírů pokrytých touto barvou je tak možné vyrobit i kondenzátor, jak je demonstrováno ve videu [8] firmy *Bare Conductive*. Firma sídlí ve Velké Británii a objednávka 10 ml balení barvy přímo z oficiálního webu stojí cca 220 Kč + poštovné. Barvu lze zakoupit i v některých českých obchodech.



Obr. 18. Nabídka vodivých barev od firmy *Bare Conductive*.

Náměty k vylepšení a reference

Na internetu lze pořídit i další „vodivá“ pera a vodivé barvy. Z vlastní zkušenosti a z recenzí na internetu jsou však výše popsané výrobky jedny z nejkvalitnějších na trhu. To znamená, že mají relativně nízký odpor a vhodnou konzistenci umožňující pohodlnou práci s barvou na podkladu jako je papír. Zajímavou alternativou k prodáváním produktům je však výroba vlastní vodivé barvy. Na internetu lze najít mnoho návodů, přičemž většina z nich se zabývá barvou založenou na bázi uhlíku. Zřejmě nebudou dosahovat parametrů zmíněných výrobků, ale výhodou je, že můžeme zapojit studenty, třeba i tak, že se pokusí vlastní barvu vyrobit. Jeden z nejjednodušších návodů ([9] a [10]) spočívá v rozmixování burelu (oxidu manganičitého) a uhlíkových tyčinek ze zinko-uhlíkových tužkových článků.

Téma kreslení vodivých čar je popsáno v mnoha článcích, videích a návodech. Pro přehled zmíníme několik z nich.

Jednoduchý návod na základní obvod vytvořený kreslenými čarami, baterií a LEDkou, je na webu Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy *Fyzikální pokus: Elektrický proud z tužky* [11]. Zajímavé je zde použití versatilky – dochází tím k usnadnění práce. Měkká tuha při kreslení rychle ubývá a je třeba neustále ořezávat tužku. U versatilky máme také větší jistotu, že tuha není polámaná. U tužky s takto měkkou tuhou stačí malý náraz a tuha uvnitř tužky může být naštípnutá, nebo zlomená.

Elektrické vlastnosti grafitových čar i samotné tuhy jsou zkoumány v článku *Exploring Electric Circuits and resistance using pencil lead* [12]. Vodivostí nakreslených čar se zabývá také článek *Graphite Pencil Line for exploring resistance* [13]. Asi nejobsáhlejší text na téma grafitem kreslených obvodů je článek *Preparation of graphite conductive paint and its application to the construction of RC circuits on paper* [14], ve kterém je popsán kromě vlastností obvodů také návod na výrobu vodivé barvy, kterou autoři využívají také k vytváření RC obvodů.

Závěr

V článku jsou popsány vlastnosti grafitových čar a závislost jejich odporu na parametrech jako jsou zejména jejich délka a šířka. Bylo zjištěno, že prodlužování a rozšiřování čáry odpovídá analogii se sériovým a paralelním zapojováním rezistorů. Voltampérová charakteristika čáry se dle očekávání řídí Ohmovým zákonem. Odpor čar se pohybuje řádově v jednotkách až stovkách k Ω . I přesto, že odpor čáry je mnohem větší než odpor kovových vodičů, je možné čáru použít jako náhradu kovového vodiče a zapojovat do obvodu spotřebiče s nízkým příkonem jako jsou LEDky a digitální budíky.

Skvělých výsledků z hlediska vodivosti čáry a snadné aplikace vodivé látky dosahují obvody nakreslené propiskou *Circuit Scribe* a barvou *Bare Conductive*. Odpor takových čar je o několik řádů nižší než odpor grafitové čáry.

Kreslení obvodů je pro studenty zajímavou a aktivizující činností, pomocí které mohou odvodit Ohmův zákon a zkoumat mnoho dalších závislostí a parametrů.

Literatura

- [1] Sousa, M. C., & Buchanan, J. W. (2000). Observational models of graphite pencil materials. *Computer Graphics Forum*, 19(1), 27–49. <https://doi.org/10.1111/1467-8659.00386>
- [2] Propiska Circuit Scribe. Dostupné online: <https://circuitscribe.com>
- [3] You can draw circuits! But does it make sense? Conductive Ink Pen Experiment! Dostupné online: <https://www.youtube.com/watch?v=tLKsvHSADdw>
- [4] Vodivá barva *Bare Conductive*. Dostupné online: <https://www.bareconductive.com>
- [5] What is the resistance of Electric Paint? Dostupné online: <https://faq.bareconductive.com/hc/en-gb/articles/204848011-What-is-the-resistance-of-Electric-Paint->
- [6] How to measure Electric Paint with a multimeter. Dostupné online: <https://www.bareconductive.com/blogs/resources/how-to-measure-electric-paint-with-a-multimeter>
- [7] Sheet resistance. Dostupné online: https://en.wikipedia.org/wiki/Sheet_resistance
- [8] How to Make a Capacitor Using Paper and Electric Paint. Dostupné online: <https://www.youtube.com/watch?v=wluxNlf1V1s>
- [9] DIY How To Make Conductive Paint At Home || Part 1. Dostupné online: <https://www.youtube.com/watch?v=YytM0lgxNNA>
- [10] Conductive Paint Touch Switch || Arduino Capacitive Touch Sensor || Part 2. Dostupné online: <https://www.youtube.com/watch?v=L6j3VxvNV5c&t=0s>
- [11] Fyzikální pokus: Elektrický proud z tužky. Dostupné online: <https://www.matfyz.cz/clanky/fyzikalni-pokus-elektricky-proud-z-tuzky>
- [12] Chiaverina, C. (1970, January 1). *Exploring Electric Circuits and resistance using pencil lead*. American Association of Physics Teachers. Retrieved January 9, 2022, from <https://aapt.scitation.org/doi/10.1119/1.4902212>
- [13] Woolf, L. D., & Streckert, H. H. (1996). *Graphite Pencil Line for exploring resistance*. The Physics Teacher, 34(7), 440–441. <https://doi.org/10.1119/1.2344515>
- [14] Grisales, C., Herrera, N., & Fajardo, F. (2016). *Preparation of graphite conductive paint and its application to the construction of RC circuits on paper*. Physics Education, 51(5), 055011. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/51/5/055011>

Experimenty s Vernierem

Pavel Böhm, Jakub Jermář

KDF MFF UK

Abstrakt

V dílně jsme se zaměřili na experimenty z třetího, čtvrtého a zejména z nově vydaného pátého dílu Kuchařky jednoduchých experimentů do hodin chemie, fyziky a přírodopisu. Účastníci měli možnost si vyzkoušet realizovat tyto experimenty a otestovat si přitom práci s bezdrátovými senzory Vernier Go Direct.

Kuchařka jednoduchých experimentů

V průběhu roku 2016 vznikla Kuchařka jednoduchých experimentů (nyní označovaná jako první díl) obsahující návody na 39 jednoduchých experimentů určených do hodin chemie, fyziky a přírodopisu [1]. Pro velký pozitivní ohlas jsme v následujících letech vydali další 4 díly, celkově je nyní experimentů již více než 100. První a druhý díl je zaměřen na práci se softwarem Vernier Logger Lite, počínaje třetím dílem jsou experimenty prováděny s využitím aplikace Vernier Graphical Analysis, která je zdarma ke stažení na webu [2] a je k dispozici nejen pro Windows, ale i pro MacOS, iOS, iPadOS, Android a Chromebooky.

Realizované experimenty

Stejně jako v předchozích letech jsme i tentokrát nechávali účastníky vybrat, jaké experimenty budou na dílně realizovat. Vzhledem k zaměření akce jsme z experimentů ze všech dílů Kuchařky vybrali pouze fyzikální experimenty:

- Blikání žárovky (co lidské oko nevidí, ale počítač ano)
- Elektromagnetická indukce
- Komínový efekt
- Lidské tělo v elektrickém obvodu
- Magnetické pole kolem kabelů
- Magnetický záznam dat
- Ohmův zákon
- Ochlazování pocením
- Rozsvícení žárovky
- Setrvačnost oka a regulace jasu LED žárovky
- Stav beztíže (měření se siloměrem)
- Teplota plamene

- Vývoj teploty při vaření vody (vliv fázového přechodu)
- Závislost tlaku plynu na objemu (Boyleův-Mariottův zákon)
- Změny teploty při kompresi a expanzi plynu

Všechny experimenty jsou popsány na webu Kuchařky [1], kde kromě návodu lze nalézt i další doplňující materiál (např. videoukázky některých experimentů).

Literatura

[1] <http://www.vernier.cz/kucharka>

[2] <http://www.vernier.cz/ga>

Odporná zkoušečka

Jiří Dolejší

Univerzita Karlova, Matematicko-fyzikální fakulta,
Ústav částicové a jaderné fyziky

Abstrakt

Tento příspěvek popisuje dílnu zaměřenou na výrobu „Třístavové zkoušečky odporů“ podle Amatérského radia z roku 1985 [1]. I po 36 letech od původního článku je to stále užitečná drobná pomůcka a navíc samotná výroba i pochopení funkce zkoušečky je podle názoru vedoucího dílny docela instruktivní.

Úvahy před dílnou a poznatky z práce

Jako vodítko pro práci v dílně byla použita přiložená prezentace [2] s většinou informací, které v tomto článku neopakují. Čtenáři doporučuji prezentaci prostudovat před čtením tohoto textu, který obsahuje jen minimalistické dodatečné poznámky, částečně inspirované požadavky recenzenta.

Motivací pro dílnu byla má zkušenost se zkoušečkou, která už 36 let leží někde mezi mým kutilským haraburdím a po které často sáhnu. Navíc mne napadlo, že výrobou užitečné pomůcky lze pěstovat odvalu a sebevědomí, že něco dokážeme udělat svýma rukama a navíc tomu trochu rozumět. Samozřejmě přitom zjistíme, že náš výtvar je nedokonalý, že tomu všemu nerozumíme, ale ... přece jsme jen nemluvili a něco funkčního udělali. A to je přesně postup, který osobně vítám u kantorů fyziky.

Má-li být zkoušečka běžně použitelná, měla by být kompaktní, nikoli chumel drátů a součástek. Proto jsem si schéma lehce upravil tak, aby se zkoušečka s použitím dnes velmi běžné 3V lithiové baterie CR2032 vešla na jednoduchou destičku s plošnými spoji, kam se se součástky připájejí z jedné strany bez vrtání, LED budou zastrčeny do otvorů v destičce a svítit budou na stranu bez součástek. Destičky cuprexitu jsem připravil, výrobu spojů jsem si nechal na dílnu. Zkoušečka potřebuje dva přípoje; jeden jsem připravil jako minimalistickou zdířku pro banánek z mosazné trubičky s vnitřním průměrem 4 mm, druhý jako „testovací hrot“ ze zaostřeného mosazného drátu upevněného ve svorkovnici (vnitřek „lámací svorkovnice“). Součástky jsem nakoupil v GM Electronic [3], v prezentaci jsou jejich kódy a ceny. Volba součástek a například hodnota rezistorů respektuje původní článek, ale není kritická. Podstatné je, že červená LED se otevírá při nižším napětí než zelená, detaily jejich charakteristik se projeví na průběhu svitu při proměnném testovaném odporu, volba LED ovlivňuje také intenzitu svitu. S volbou rezistorů, LED i tranzistoru lze experimentovat, jistý rámec vymezuje funkce vysvětlovaná v prezentaci.

Na kreslení spojů před leptáním jsem si připravil jeden prastarý fix na spoje, několik lihových permanentních fixů a jako leptadlo chlorid železitý. Lihové fixy jsou snadno dostupné, ale zdaleka neideální, vyžadují velkou pečlivost a vytvoření důkladné vrstvy, aby se minimalizovalo proleptání (při opakovaném dotyku spíš tečkovat než obtahovat). Na webu se najde spousta komentářů a návodů, recenzent našel hezký článek [4]. Já mohu doporučit lakové fixy, lak na nehty, dobře funguje třeba i Balakryl, který ale potřebuje delší chvíli na zaschnutí. Laky lze nanášet štětečkem i jednoduše zaostřenou

špejlí. Špejle je vůbec dobrý a laciný nástroj, například na přidržení součástek při pájení. Pro kreslení spojů jsem nabídl účastníkům dílny vytištěná schémata obvodu i rozmístění součástek (v příloze [5]) a kopírovací papír na přenesení šablony na destičku. Pro leptání je vhodná např. Petriho miska, leptadla stačí malé množství, které jen zakryje destičku. Při leptání je vhodné leptadlo třeba nakláněním misky promíchávat a sledovat průběh leptání. Samozřejmě je třeba dodržet bezpečnostní předpisy pro práci, najdete je na láhvi leptacího roztoku. Leptadlo lze opakovaně použít.

Kreslení i leptání probíhalo vcelku bez problémů, méně dokonalá kresba se projevila lokálním proleptáním. Omyté spoje jsme pocínovali s použitím pájecí pasty. Přitom si i méně zkušené účastníky vyzkoušeli použití transformátorových pájek. Transformátorové páječky jsou pro daný účel použitelné, jejich velkou výhodou pro lehce chaotické prostředí je to, že hřejí jen při zapnutí a tedy minimalizují riziko spálenin. Samozřejmě nejsou ideální pro jemnější práci.

Osazování součástek je popsáno v prezentaci, začali jsme s držákem baterie, svorkovnicí a zdírkou, na tom získávali účastníci dílny zkušenosti. Při osazování jsem chtěl, aby pracující měli „zpětnou vazbu“, že LED připojují ve správné polaritě a že jejich zkoušečka postupně ožívá. To se také s drobnými radami ve všech skupinách dařilo, takže na závěr většina účastníků držela v ruce funkční zkoušečku. Hodina a půl vyhrazená na dílnu přesně stačila na výrobu, nestačila ale už na diskusi funkce ani na estetické dokončení výrobku.

Co zbylo jako domácí úkol a co dál

Jistě především pochopení, jak zkoušečka funguje. První kroky jsou navrženy v prezentaci, dalším krokem je například podrobnější studium napětí na jednotlivých součástkách v případě různých testovaných odporů a „kalibrace“ svitu obou LED na známých rezistorech, například od zkratu po $1\text{M}\Omega$. Ilustrativní je také připojení zkoušečky na potenciometr a prozkoumání svitu při změně jeho odporu.

Samozřejmě nejpodstatnější je si se zkoušečkou hrát a zkoumat, na co všechno je použitelná. Pro takové hraní a běžné použití se hodí součástky zakrytovat, k tomu účelu jsem nabídl zhruba nařezané kousky plastové instalační lišty. Tu je potřeba seříznout na vhodnou hloubku žlábků, vyříznout přístup k baterii (a nezapomenout na díрку na druhé straně, aby baterii bylo možné vystrčit) a krycí lištu přilepit například tavným lepidlem nebo žvýkačkou. Výsledek je ukázán v prezentaci [2] na sedmém snímku.

V prezentaci je formou provokativních otázek navrženo několik možných použití zkoušečky, které mne někdy napadly a vyzkoušel jsem je. Dodám několik podrobnějších poznámek:

„Proč na ní neukazovat chování elektrických obvodů, LED, tranzistoru ..., proč jí nevyužít na ilustraci vodivosti lidského těla, proč ji nevyužít na kontrolu součástek, určení propustného směru diod, jiných zapojení a třeba propojovacích kabelů, proč ji nevyužít na ilustraci nabíjení kondenzátoru“.

U jednoduchých elektrických obvodů, např. demonstračních, lze například vyzkoušet před připojením zdroje, že obvod „vede, jak by měl“. Při kontrole spojovacích vodičů či kabelů je vhodné zkoušečku připojit a kabelem zahýbat – případné problémy se projeví změnou jasného červeného svitu. V domácnosti lze zkontrolovat, že třeba kovový obal spotřebiče (např. varné konvice) je vodivě spojen se zemnicím kolíkem v zásuvkách a také

s vodovodním kohoutkem. Při pájení různých konektorů zkoušečka pomůže identifikovat správný vodič. Vodivost lidského těla slouží pro základní kontrolu funkce zkoušečky – zdířka je navržena tak, aby vyčnívala z destičky, při uchopení zdířky i hrotu zelená LED svítí. V suchých prstech méně, ve vlhkých více. Zkoušečka ukáže propustný směr diody včetně LED, i když ji nerozsvítí. U tranzistoru ukáže propustný směr přechodu báze-emitor, ukáže nepropustnost přechodu kolektor-emitor, resp. jeho otevření, když prstem (tedy rezistorem s velkým odporem) přivedeme na bázi napětí z kolektoru. Po připojení ke kondenzátoru s velkou kapacitou (elektrolytického) zkoušečka blikne červeně a pak déle svítí zeleně, jak se kondenzátor postupně nabíjí (a může svítit trvale díky svodovému proudu). V případě kondenzátorů s malou kapacitou (třeba i 1nF) krátce zeleně blikne. V případě elektrolytických kondenzátorů je třeba dbát na polaritu.

Závěr

Účastníci a účastnice dílny pilně a v drtivé většině úspěšně pracovali a v anketě se o dílně vcelku pozitivně vyjadřovali. Zajímalo by mne ale, jestli jim dílna nějak pomohla v tom, aby se nebáli na součástky sáhnout, další jednoduché pomůcky si sami udělat nebo opravit a vyrobenou zkoušečku dále používat. Zajímalo by mne taky, zda by učitelé z praxe potvrdili nebo vyvrátili můj názor, že tuto zkoušečku je možná dát do ruky dětem hned poté, co jim ukážeme, že LED správně přiložená například k té baterii CR2032 svítí a že v té „krabičce“ je jen něco navíc. Jsem přesvědčen, že i bez detailního pochopení funkce zkoušečky si lze začít hrát a zkoumat, co všechno proud vede a tedy LED rozsvítí.

Literatura

- [1] Marek T.: *Třístavová zkoušečka odporů a polovodičových součástek*, Amatérské radio, konstrukční příloha 1985/E, str. 25
- [2] Dolejší J.: použitá prezentace pro dílnu, příloha 1.
- [3] Webové stránky prodejce GM Electronic: <https://www.gme.cz/>
- [4] Webová stránka https://cs.wikibooks.org/wiki/Praktická_elektronika/Výroba_plošných_spojů
- [5] Dolejší J.: Soubor se schématem a šablonou desky, šestice pro tisk na A4, příloha 2.

Pokusy s příběhem

Jana Doležalová, Jitka Houfková

KDF MFF UK

Abstrakt

Pokusy s příběhem představují soubor fyzikálních pokusů vybraných tak, aby podporovaly dětskou tvořivost a rozvoj počátků vědeckého myšlení a základů vědecké práce, doplněný autorským příběhem, který motivuje mladší školní děti k pokusování. Vybrané aktivity a pokusy propojují fyzikálně-technické pozorování, objevování a měření s jazykovými, uměleckými a badatelskými činnostmi založenými na souvislém příběhu.

Úvod a seznámení s příběhem

Během dílny byl účastníkům představen metodický materiál *Pohádka o podstatě magie* [1], který obsahuje fyzikální pokusy propojené pohádkovým příběhem. Metodický program je určen pro žáky prvního stupně základních škol a klade si za cíl rozvíjet u žáků vědecké myšlení a lásku k fyzice. Vedle podrobných návodů na pokusy a napínavého příběhu, který je spojuje, obsahuje materiál i pracovní listy ke každému pokusu, určené k návazné rozšiřující samostatné práci dětí. Během dílny si účastníci vyzkoušeli některé pokusy z metodického programu *Pohádka o podstatě magie* i některé pokusy z jeho nově vznikajícího, zatím nepublikovaného, pokračování.

Pohádka

Příběh sleduje osud dvou hrdinů: chlapce Lukyho a jeho magické kamarádky Mobi. Pohádka začíná u jezera, kde přátelé zkoumají vodoměrky (s dětmi se provádí první pokus), když v tom se objeví lovcí monster a Mobi unesou. Luky se jí vydává hledat. Cesta ho zavede do sousedního království, kde král vyhlásil o Mobi soutěž. Chlapec neváhá a do soutěže se přihlásí. Není však jediný, kdo chce magickou bytost získat. Jeho soupeřem se stává zlý černokněžník, který chce Mobi použít ve strašlivém rituálu. Luky musí pomocí všech svých sil a několika rad od Mobi splnit tři královské úkoly (každý úkol odpovídá jednomu pokusu). S pomocí dětí, se kterými se program provádí, se mu nakonec povede černokněžníka porazit. Ten se ale s prohrou odmítá smířit a tak kamarádi musí ještě uprchnout (čemuž odpovídá pátý pokus metodického programu). Celé znění příběhu je možné najít v [1].



Obr. 1. Vodní brouk na hladině.



Obr. 2. Vodní brouk se zátěží.

První pokus – Vodní brouci

Při pokusu si každý z účastníků vyrobil papírového vodního brouka, který stál na hladině (viz obr. 1.). Dále bylo zkoušeno, jak moc zatížený brouk se na hladině ještě udrží (viz obr. 2.). Celý popis pokusu je možné najít v příloze či v [1].

Druhý pokus – Tajemný prášek

Další pokus, který se na dílně zkoušel – Tajemný prášek, je více zaměřený na rozvoj vědeckého myšlení. Na základě pozorování a zkoumání reakce známých prášků – mouky, cukru moučky, kypřicího prášku a solamylu, s vodou či octem, měli účastníci rozhodnout, co za látku či směs látek je předložený tajemný prášek (viz obr. 3.).



Obr. 3. Zkoumání tajemného prášku.

Celý popis pokusu je možné najít v příloze či v [1].

Třetí pokus – Katapult

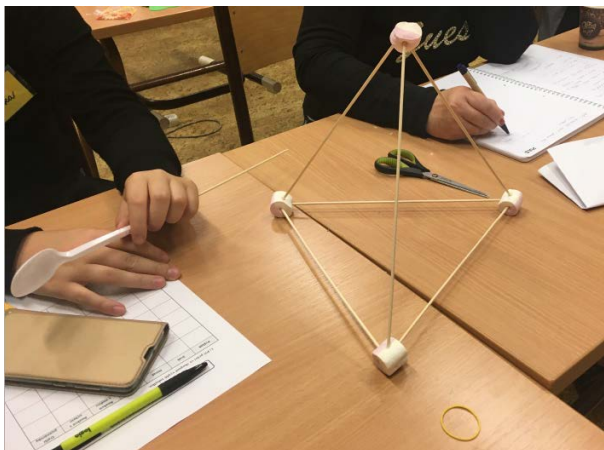
Poslední pokus, který si účastníci dílny vyzkoušeli, byla výroba katapultu z marshmallows.

Pomůcky:

5× marshmallows, 7× špejle, plastová lžíce, izolepa, kuchyňská gumička

Postup:

- 1) Vezmeme tři marshmallows a tři špejle a vytvoříme z nich trojúhelník tak, aby bonbony byly ve vrcholech
- 2) Pomocí dalšího bonbonu a tří špejlí vytvoříme jehlan, na jednu špejli přitom nadvakrát obtočíme gumičku
- 3) Plastovou lžící přilepíme pomocí izolepy na poslední špejli (viz obr. 4.)
- 4) Špejli se lžící provlečeme gumičkou a zabodneme do jednoho marshmallow v podstavě
- 5) Katapult je připraven ke střelbě, vezmeme poslední bonbon, položíme ho na lžici a pak natáhneme směrem dolů, je potřeba přitom přidržovat bonbon, ve kterém je zabodnutá špejle se lžicí (viz obr. 5.)



Obr. 4. Katapult před dokončením.



Obr. 5. Katapult po výstřelu.

Pokus bude podrobněji popsán v dalším metodickém programu, který vzniká při diplomové práci autorky. Pokud byste měli o materiály zájem přednostně a chtěli se zúčastnit jejich testování, kontaktujte autorku na emailu: j.jana.dolezalova@gmail.com. Jakákoliv spolupráce je velmi vítaná.

Závěr

Během dílny byly účastníkům představeny i další pokusy z metodického materiálu *Pohádka o podstatě magie* a jeho vznikajícího pokračování, na jejichž zkoušení či výrobu už nezbyl čas. Namátkou například vznášedlo, ledové koule, padák a dešťová hůl. Popisy těchto experimentů je možné najít v [1] nebo budou v nově vznikajícím materiálu.

Literatura

- [1] DOLEŽALOVÁ, J: *Pohádka o podstatě magie. Využití příběhu propojeného s fyzikálními pokusy ve výuce na základní škole* [online]. [cit. 2021-10-9]. Dostupné z: https://fyzweb.cz/materialy/dolezalova/O_podstate_magie.pdf

Hrající destička

Leoš Dvořák

KDF MFF UK Praha

Abstrakt

Příspěvek je věnován jednoduchému modelu reproduktoru: polystyrenové destičce, kolem níž je navinuto několik desítek závitů drátu, a z boku k ní přiblížíme magnety. Popisuje výrobu této jednoduché pomůcky, upozorňuje na technické detaily, které je třeba dodržet, a uvádí pokusy, které lze s „hrající destičkou“ dělat. Prezentuje též levný dostupný modul zesilovače, který lze užít k napájení daného reproduktoru hudebním signálem.

1. Úvod

„Hrající destičce“ je letos již dvacet let. Vznikla z jednoho z projektů na letním táboře pro středoškoláky v roce 2001 a v témže roce byla stručně prezentována na konferenci Veletrh nápadů učitelů fyziky, viz [1]. Ve své původní verzi však hrála sotva slyšitelně. Následné experimentování ukázalo, že hlasitost lze výrazně zvýšit omotáním destičky izolepou – jak a proč, bude popsáno dále. O čtyři roky později jsme ji pak mohli úspěšně prezentovat i na mezinárodní konferenci GIREP, viz [2]. Dlouhá léta jsem ji také ukazoval na demonstračních pokusech pro středoškoláky, používali jsme ji na seminářích Heuréky a budoucí učitelé fyziky se s ní seznamují v praxi školních pokusů na MFF. V rámci volitelného semináře „Udělejte si sami: jednoduché fyzikální pomůcky“ si v roce 2019 hrající destičku vyrobilo několik studentů učitelství. Byl tedy nejvyšší čas nabídnout výrobu této pomůcky účastníkům Dílen Heuréky.

2. Hrající destička: co to je

Naší pomůckou je polystyrenová destička ovinutá několika desítkami závitů tenkého drátu. Na bocích jsou k ní přiblíženy magnety tak, že póly magnetů směřují k závitům cívky, viz obr. 1. Když do cívky pustíme stejnosměrný proud, například z ploché baterie, síla působící na vodič v magnetickém poli cívku nadzdvihne. (Při vhodném směru proudu, při opačném ji zatlačuje do podložky.) Když do cívky pustíme střídavý proud, kmitá nahoru a dolů – a je-li tím střídavým proudem hudební signál, destička opravdu hraje. Ne bůhvíjak nahlas, ale přece. Fakticky tak demonstruje princip reproduktoru.



Obr. 1. Hrající destička.

3. Vyrábíme hrající destičku

Vlastní destička

Základem celé konstrukce je polystyrenová destička o tloušťce asi 2 cm, stačilo by i 1,5 cm. Na dílně jsme používali destičku o rozměrech 7×7 cm. Rozměry nejsou kritické – jak při změně rozměrů či průměru drátu upravit počet závitů je komentováno v Dodatku na konci tohoto příspěvku. Destička se na požadovaný rozměr nejlépe ořízne řezačkou polystyrenu, jde to ale i obyčejným řezákem.

Na destičku po jejím obvodu navineme tenký měděný drát. Musí být tzv. smaltovaný, to znamená na povrchu izolovaný vypáleným lakem. Na začátku si necháme volný kus asi 30 až 50 cm jako přívod a pak vineme závitů tak, aby se v rozích lehce zařezávaly.

Poznámka: Je dobré se po pár závitech na rohu posunout kousek vedle, jinak další závitů polystyren více stlačují a předtím namotané závitů už nejsou dost utažené.

Na dílně jsme používali drát o jmenovitém průměru 0,224 mm, namotali jsme 32 závitů. Na konci opět necháme 30 až 50 cm volného drátu jako druhý přívod. Aby se nám závitů nerozmotaly, můžeme tento konec drátu protáhnout pod jedním nebo více koncovými závitů a trochu utáhnout.

A teď přijde to důležité: Závitů na destičce zafixujeme tak, že destičku přelepíme izolepou. (Prostě průhlednou plastickou lepicí páskou.) Začneme na horní straně destičky, pokračujeme na bok a přes spodní stranu a druhý bok zase nahoru, izolepu zejména na bocích dobře utahujeme. A pak totéž křížem.

Proč je to důležité? Bez důkladného upevnění by závitů byly na destičce jen volně. A až bychom ji užili jako reproduktor, síla na vodič s proudem by pohybovala jen jednotlivými závitů, ne celou destičkou. A samy závitů nemají šanci rozvíbrovat vzduch. Proto by destička hrála jen sotva slyšitelně. (V rohu jsou závitů zaříznuty, takže trochu by se síla na destičku přenesla, ale jen nepatrně.) Zafixování izolepou hlasitost destičky výrazně zvýší. V této souvislosti můžeme připomenout, že ve skutečném reproduktoru je kmitací cívka celá zalita lakem, aby se veškerý její pohyb přenesl na membránu reproduktoru. Destičku s navinutými závitů ukazuje obr. 2.



Obr. 2. Detail cívky navinuté na polystyrenovou destičku.

K přívodům k hrající destičce je vhodné připájet malé krokosvorky, aby se mohly lehce připojovat k výstupu zesilovače. Připomeňme, že konce smaltovaného drátu je potřeba před pájením zbavit izolace – stačí oškrábat nožem nebo smirkovým papírem.

Podložka s magnety

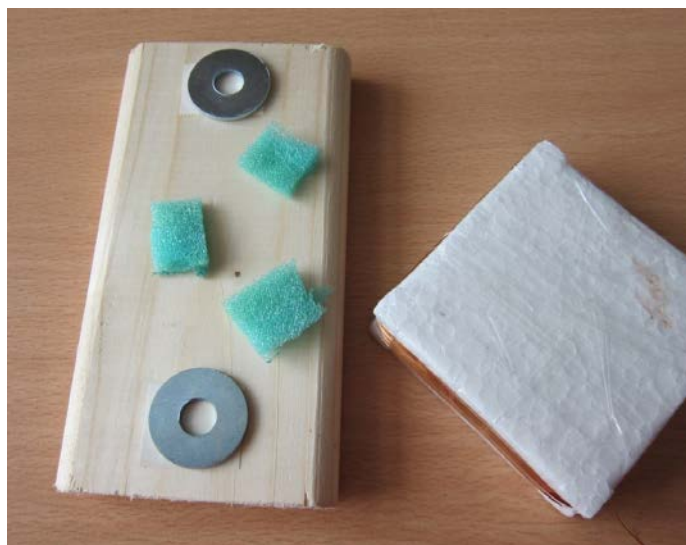
Vyrobená destička se závity může fungovat už sama o sobě, když ji držíme v ruce a druhou rukou zboku k jejím závitům přiblížíme pól magnetu. Pro pokusy je však pohodlnější mít destičku na podložce.

V našem případě byla podložkou dřevěná destička (uříznutá z tzv. plotovky) o šířce asi 7 cm a délce asi 12 cm. Na destičku nalepíme dvě větší ocelové podložky, na kterých pak budou držet magnety. Podložky lze lepit např. Chemoprénem. (Tak jsem lepil podložky v prototypu já, ale Chemoprén je hodně cítit, takže by bylo třeba větrat). Zdeněk Hubáček na dílně doporučil používat tzv. „řídke lepidlo“, které lze koupit v obchodech pro modeláře. A hned nám předvedl, jak dobře a rychle podložky přilepí.

Poznámky:

- 1) Před lepením je dobře se přesvědčit, že ocelové podložky nejsou zamaštěné, pak by lepidlo nedrželo. Pokud si nejsme jisti, je vhodné je odmastit ev. očistit třeba smirkovým papírem.
- 2) Samozřejmě není nutno používat ocelové podložky, stačí kousek rovného ocelového plechu apod. Podložky byly použity jako věc, která je běžně dostupná.
- 3) Další možností, jak magnety do konstrukce připevnit, je zatlouci do destičky ocelové hřebíky a na ně magnety „přicvaknout“. Takto jsem to dělal v minulosti. Výhodou podložek je, že na ně lze magnety „přicvaknout“ naplocho nebo nastojato a zkoušet, jak destička reaguje na tuto změnu. Další výhodou, zejména pro použití ve třídě, může být fakt, že z destičky nevyčuhují dlouhé části hřebíků; sice svými hlavičkami, ale přece jen... nalepené podložky jsou možná trochu bezpečnější. A navíc podložka bez hřebíčků zabírá méně místa.

Pokud bychom polystyrenovou destičku dali rovnou na dřevěnou podložku, nemohla by se destička směrem do podložky hýbat, takže její kmitání by bylo omezené. Proto je vhodné dát na podložku tři kousky nějakého měkkého materiálu, který dovolí, aby destička mohla kmitat jak nahoru, tak dolů. Osvědčily se malé kousky molitanu ustřižené z houbiček na nádobí; na podložku je můžeme připevnit oboustrannou lepicí páskou. Výsledek ukazuje obr. 3.



Obr. 3. Podložka pod hrající destičku.

Magnety byly použity feritové, o rozměrech 4×2×1 cm. Na ocelové podložky je „přicvakneme“ tak, že jejich póly míří proti sobě – tedy tak, že kdybychom je k sobě přiblížili, odpuzují se. (Proč, bude vysvětleno dále.)

Kde získat potřebný materiál

Polystyren nařežeme třeba z desek prodáváných v prodejnách typu OBI, Baumax apod. Pokud se týče drátu, zadejte do Googlu „smaltovaný Cu drát“ a vyberte si z nabízených odkazů. Pokud budete kupovat malé množství drátu (pár desítek metrů na nějaké menší cívce), bude ovšem cena za jednotku váhy mnohem vyšší, než při nákupu od specializovaných dodavatelů drátů (kde ale musíte odebrat o něco větší množství). Případně lze užít drát z nějakých „zbytkových zásob“, zkuste zapátrat, jestli něco nenajdete ve školním kabinetu, nebo něco nemá někdo z vašich známých. (My jsme měli cívku drátu ze zakázky na výrobu náhradních cívek k rozkladným transformátorům.) Ovšem pozor, aby šlo opravdu o drát izolovaný smaltem.

Magnety použité na dílně byly nakoupeny od firmy Neomag, viz [3]. V době psaní tohoto příspěvku je nabízí za 8 Kč za kus. Stejně magnety ovšem nabízejí i další dodavatelé, např. firma Unimagnet za stejnou cenu, viz [4].

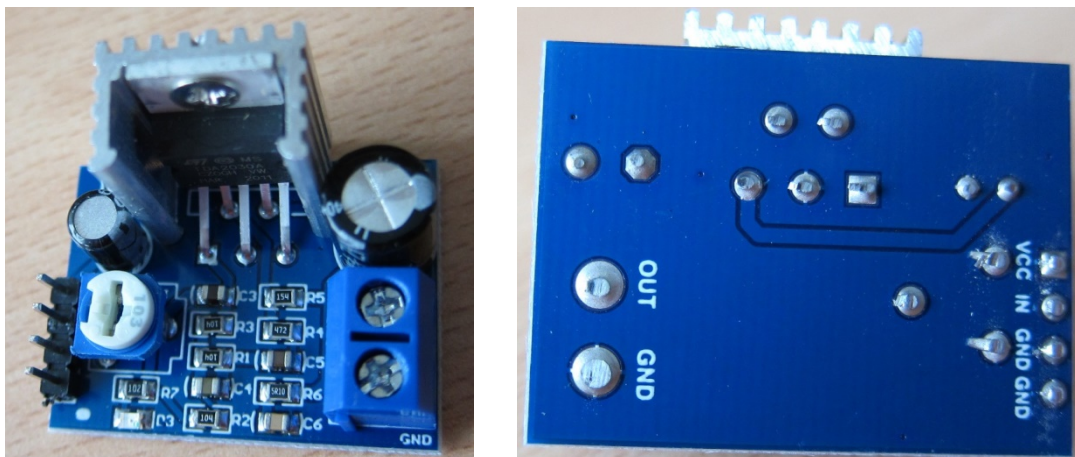
Kovové podložky se dají běžně nakoupit v železářství, lepidlo, jak už bylo řečeno, v prodejnách pro modeláře – na dotaz „řídtké lepidlo“ vrátí Google řadu odkazů.

4. Zesilovač pro buzení hrající destičky

Hrající destičku můžete připojit k libovolnému zesilovači, který je určen pro reproduktorové soustavy s odporem (resp. impedancí) 4 Ω. Pokud byste měli zesilovač pro soustavy s impedancí 8 Ω, namotejte na destičku dvakrát víc závitů.

Ovšem vyplatí se mít k naší pomůcce zvláštní zesilovač. (Co kdybychom náhodou při pokusničení udělali zkrat, bylo by škoda riskovat zničení nějakého dražšího zesilovače.) Nabídka možných zesilovačů se s časem může měnit. V minulosti jsme využívali moduly prodávané v GM Electronic, ty však přestaly být dostupné.

Jako dobrý a laciný se ukázal modul s integrovaným obvodem TDA2030 dodávaný firmou HADDEX, viz [5]. Zřejmě jde o modul vyráběný někde v Asii (asi v ne úplně nejmenší zemi ☺). Ukazují ho fotografie na obr. 4.

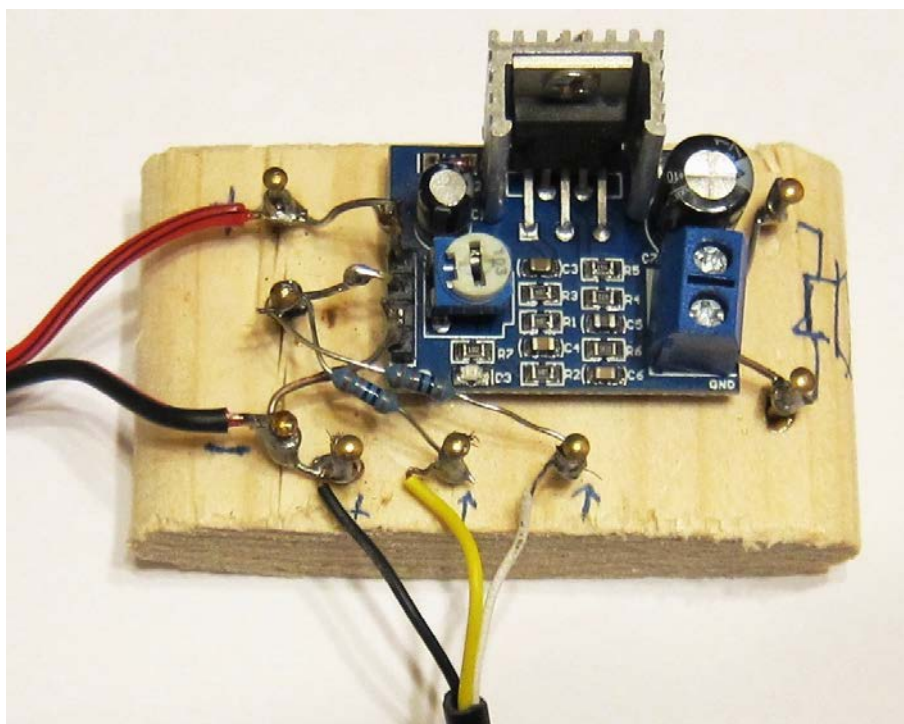


Obr. 4. Koupený modul zesilovače. Ze strany spojů jsou popsány vývody.

Tento modul se ukázal jako plně vyhovující a jeho výhodou je láce: stál 41 Kč a při odběru většího množství dokonce jen 29 Kč za kus. Lze jej napájet napětím v rozmezí 6 až 16 V. My jsme pro napájení využívali dvě ploché baterie zapojené v sérii, lze ale užít jakýkoli zdroj, který dodá proud potřebný pro dostatečný výkon. (Malá baterie 9 V by pro napájení nebyla vhodná, není stavěna na odběr větších proudů.)

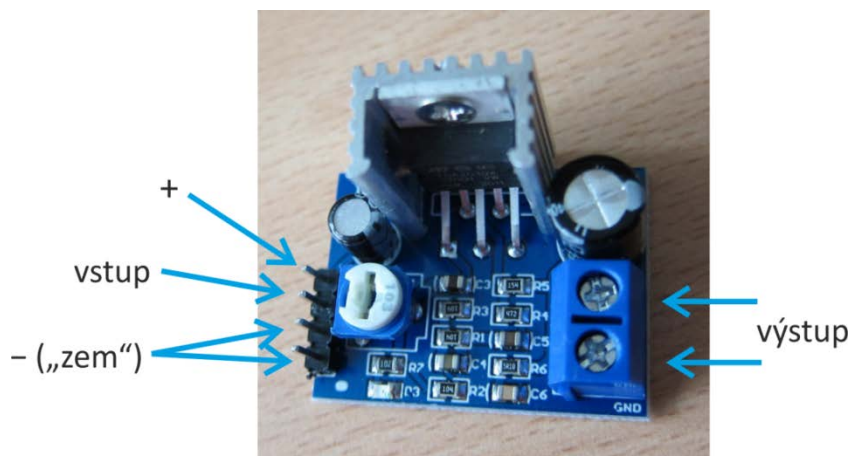
Výkon tohoto zesilovače je až 16 W, závisí přitom na napájecím napětí a také na tom, jak velké zkreslení výstupního signálu připustíme. Pro vyšší výkon je tedy třeba použít vyšší napájecí napětí (tedy třeba tři ploché baterie v sérii místo dvou), běžně však 9 V postačí. Odolnost vůči zkratu nebyla ověřována, ale podle údajů výrobců má mít použitý integrovaný obvod omezení výstupního proudu na 3,5 A, takže krátkodobý zkrat by ho neměl ohrozit. Z údajů výrobců také plyne, že obvod je určen pro buzení reproduktorů s odporem 4 nebo 8 Ω . (Zájemci si mohou parametry daného obvodu najít, když zadají do Googlu „TDA2030 datasheet“.)

U daného modulu dodavatel uvádí „Výrobek není samostatně funkční celek, vyžaduje odbornou montáž“. Na dílně jsme ho „odborně montovali“ na dřevěnou destičku o rozměrech asi 7×4,5 cm, do níž byly jako pájecí body zatlučeny mosazné hřebíčky, viz obr. 5.



Obr. 5. Zesilovač na destičce. Mosazné hřebíčky tvoří přívody.
(Vhodnější připojení vstupního signálu ukazuje dále obr. 9.)

Naše konstrukce je super jednoduchá a vzhledem k sofistikovanosti modulu zesilovače, přiznávám, dosti „humpolácká“. Přívodní vodiče dokonce drží na destičce celý modul, ten není nijak přišroubován ani přilepen. Vpravo jsou vývody k reproduktoru – dráty připájené k mosazným hřebíčkům jsou přišroubovány do svorkovnice modulu. Na levé straně červený drát vede k + pólu zdroje, černý k - pólu zdroje. Dráty od mosazných hřebíčků jsou připájeny přímo k nožovému konektoru na levé straně modulu. Přívod od minus pólu zdroje je přitom připájen ke dvěma kontaktům konektoru, viz obr. 6.



Obr. 6. Přívody k modulu.

Vývody nožového konektoru jsou dost blízko sebe, a tak jsme je před pájením opatrně pomocí kleštíček ohnuli do stran, abychom na ně mohli přívody lépe napájet. To je samozřejmě opravdu „humpolácké“ řešení. Konektor je určen k tomu, aby se na něj nasadila odpovídající zásuvka, v níž by byly připevněny přívodní kabely. Pokud budete sami modul zesilovače používat, můžete samozřejmě připojení udělat takto profesionálněji.

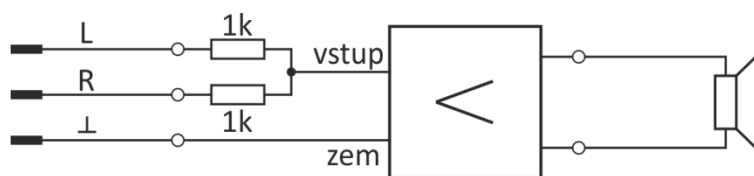
Poslední pól konektoru (druhý shora, viz obr. 6) slouží pro přívod vstupního signálu. K němu jsou připájeny dva rezistory o odporu 1 k Ω , druhé konce rezistorů jsou připájeny k hřebíčkům, k nimž se připájí vodiče levého a pravého kanálu kablíku ke zdroji signálu. „Zem“ zdroje signálu je spojena s mínus pólem napájecího zdroje.

Přímé připájení kablíku pro přívod vstupního signálu je sice nejjednodušší, ale pro připojení zdroje jsme vázáni na jeden typ konektoru. Alternativní (a asi vhodnější) připojení vstupního signálu vzniklo až po dílně – viz dále obr. 9.

Připomeňme ještě dvě věci: 1) Vedle konektoru je v modulu zesilovače malý potenciometr („trimr“), kterým lze nastavit vstupní citlivost zesilovače. Při buzení např. ze smartphonu vyhovělo mít ho nastaven na co nejvyšší citlivost (jednoduše řečeno, na nejvyšší hlasitost). 2) Modul zesilovače může být dostupný i u jiných dodavatelů. Při psaní tohoto příspěvku jsem ho za nepatrně vyšší ceny objevil u GM Electronic, viz [6].

Přívod od zdroje signálu

Vstup od zdroje signálu připojíme tenkým kabelem se třemi žilami, připojení ukazuje schéma na obr. 7. Symboly L a R označují levý a pravý kanál. Konektor na konci kabelu zvolíme takový, aby se dal připojit ke zdroji signálu. (Hovorově řečeno, aby „pasoval“ do jeho výstupní zdířky.) Většinou asi půjde o stereofonní konektor typu „jack“ s průměrem 3,5 mm, viz [7].



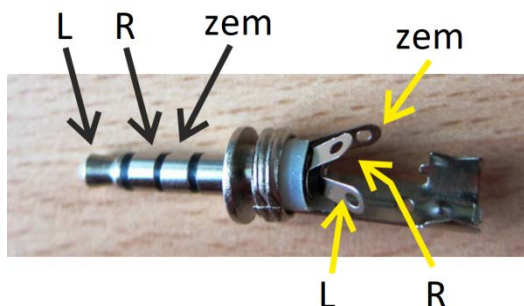
Obr. 7. Připojení vstupu zesilovače ke zdroji signálu a výstupu zesilovače k reproduktoru.

Na dílně jsme používali propojovací kabely typu jack-jack (viz [8], prodávají se v různých délkách). Kabel jsme v polovině přestříhli, odizolovali tři vnitřní vodiče a připájeli je k příslušným mosazným hřebíčkům na desce se zesilovačem.

Na vysvětlenou, proč jsou levý a pravý kanál zdroje signálu připojeny přes rezistory: Jejich funkce je čistě ochranná, aby nebyly navzájem přímo propojeny (fakticky zkratovány) výstupy levého a pravého kanálu zdroje signálu. Kdyby byly přímo propojeny a jeden kanál hrál hlasitý signál a v druhém bylo ticho, tak ten druhý kanál by na sobě držel nulové napětí a ten první vlastně pracoval do zkratu. Rezistory tomu zabrání – a na vstupu našeho zesilovače se signály z levého a pravého kanálu prostě sečtou. (Pozn.: Hodnota odporů těchto rezistorů nemusí být právě 1 kiloohm, když to bude 470 Ω nebo 1,5 k Ω , rozdíl ani nepoznáme. Vnitřní odpor daného modulu zesilovače je 10 k Ω , odpory 1 k Ω , jak je máme zapojené, tedy citlivost vstupu téměř nesníží. Kdybychom užili odpory třeba 10 nebo 20 k Ω , už by to napětí na vstupu našeho zesilovače výrazněji snížilo, příliš malá hodnota odporů by zase byla zbytečnou zátěží zdroje signálu.)

Možný problém s konektory – a námět na vylepšení

S řadou zdrojů signálu uvedené konektory se třemi kontakty fungují bez problémů. Ukázalo se ale (bohužel krátce před Dílnami Heuréky 2021), že s některými smartphony nebo tablety tyto konektory nefungují – do zesilovače z nich nedostaneme žádný signál. Přitom sluchátka připojená do daných smartphonů hrají. Podrobnější pohled na daná sluchátka ukázal, že jejich konektor má sice stejný průměr (3,5 mm), ale *čtyři* kontakty. Význam jednotlivých kontaktů ukazuje obr. 8. (Nepopsaný kontakt u těla konektoru slouží pro připojení mikrofону, to my nepotřebujeme.)

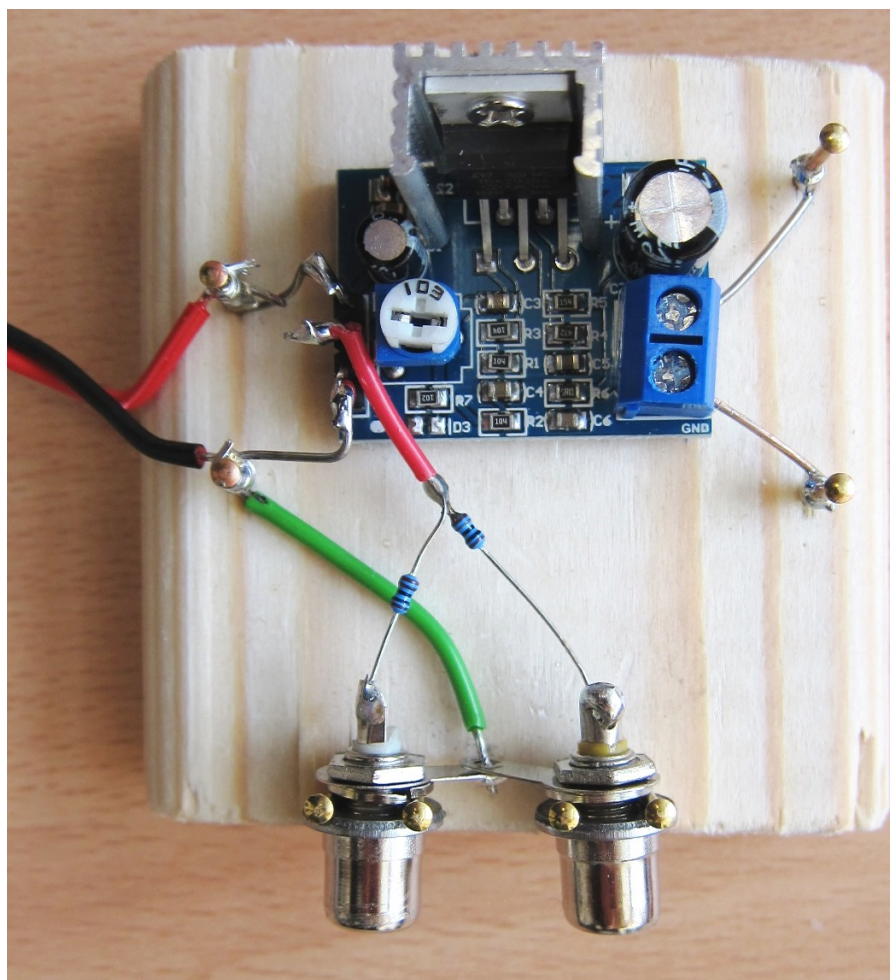


Obr. 8. Konektor typu jack se čtyřmi kontakty.

Tento konektor se prodává (viz např. [9]) a když jej kablíkem se třemi vodiči propojíme s naším zesilovačem, funguje i s výše zmíněnými smartphony. Ovšem pájet vodiče k pájecím očkům konektoru (jsou to ty malé plíšky s dírkami, na obr. 8 na ně ukazují žluté šipky), je práce dosti „nimravá“ a hrozí, že se nepovede. Je potřeba pájet velmi krátce, jinak se plast, jímž procházejí ta pájecí očka, nataví a zdeformuje a při větší deformaci je pak konektor zralý na vyhození. Navíc si musíme dávat pozor, aby se jednotlivé přívody navzájem nedotýkaly a nebyly tak zkratované. Takže to není nic pro nezkušené konstruktéry.

Při výše popsaném užití propojovacích kabelů jack-jack se třemi kontakty nemusíme pájení na konektory řešit. Je-li nutno mít konektor se čtyřmi kontakty, šlo by asi podobně využít kabel [10].

Podstatně výhodnější se ukázala možnost mít na destičce se zesilovačem zásuvky typu „cinch“ (viz např. [11], [12]) a do nich dle potřeby zapojovat kabely [10] nebo [13], případně další podle toho, jaký máme zdroj signálu. Tato možnost byla vyzkoušena až po dílně. Zesilovač je přitom třeba umístit na o něco větší destičku; zásuvky „cinch“ lze uchytit mezi dvojici mosazných hřebíčků. Jak ukazuje obr. 9, výsledná destička se zesilovačem vyhlíží poněkud úhledněji než původní konstrukce na obr. 5.



Obr. 9. Destička se zesilovačem, kde vstup signálu je řešen zásuvkami typu „cinch“.

Kabel [10], který má na jednom konci jack se čtyřmi kontakty, má na druhém konci 3 konektory (zástrčky). Je potřeba vyzkoušet, které při zasunutí do zásuvek naší destičky dávají signál. Nám fungoval bílý a červený konektor. Zda použít kabel s Jackem se 3 nebo 4 kontakty, musíte vyzkoušet s vaším konkrétním zdrojem signálu. (Někdy se nám stalo, že s jedním kabelem byl zvuk velmi slabý, s druhým silnější, opravdu je třeba vyzkoušet.)

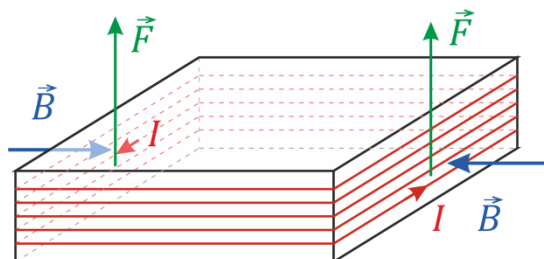
Dodejme ještě poznámku k tomu, odkud nakupovat součástky:

V seznamu literatury vedou odkazy na kabely a konektory většinou na prodejce GM Electronic, některé na HADEx. Nemá ale jít o žádnou reklamu na tyto firmy, prostě jsem odkázal na dodavatele, s nimiž mám zkušenosti, a kteří mají rozsáhlý sortiment elektronických součástek. Dané komponenty však nepochybně nabízí řada prodejců; vyberte si ty, kteří vám budou vyhovovat, ať už z hlediska dostupnosti, cen, nebo schopnosti poradit vám při nákupu.

5. Pokusy s hrající destičkou

1) Nejjednodušším pokusem je umístit hrající destičku na podkladovou desku s magnety a přívody destičky krátce připojit k ploché baterii 4,5 V. Destička poskočí směrem vzhůru. Pokud neposkočí, připojte baterii s obrácenou polaritou. Pokud se destička zvedá jen na jedné straně, otočte magnety na druhé straně.

Obrázek 10 ukazuje, proč musí být magnety orientovány tak, aby se svými póly odpuzovaly: Magnetická indukce musí mířit z obou stran ke středu cívky (nebo samozřejmě naopak, na obou stranách od středu cívky), pak síla působící na závit s proudem míří stejným směrem. Směr síly dostaneme užitím pravidla levé ruky nebo ze vztahu $\vec{F} = \vec{\tau} \times \vec{B}I$, kde $\vec{\tau}$ je vektor mířící ve směru proudu.



Obr. 10. Síla, kterou magnetické pole působí na závit s proudem.

2) Když zapínáme a vypínáme proud, destička poskakuje nahoru a dolů. Kdybychom proud zapínali a vypínali velmi rychle s určitou frekvencí, destička by se pohybovala nahoru a dolů s toutéž frekvencí, rozvibrovala by vzduch a my bychom slyšeli tón nebo pískání. Rukou tak rychle zapínat a vypínat proud nezvládneme, šlo by to však udělat třeba školním generátorem kmitů nebo pomocí multivibrátoru, viz např. [14].

3) Vrcholem je pak pokus, při němž přívody hrající destičky připojíme k zesilovači, na jeho vstup připojíme zdroj signálu (starý kazetový magnetofon, „empétroju“ nebo zmíněný smartphone či tablet) a spustíme přehrávání vhodné skladby.

Před spuštěním přehrávání skupině lidí, například ve třídě, je vhodné požádat o co největší klid a upozornit, že reprodukce bude jen tichá. O to větší překvapení pak je, že je slyšet po celé třídě.

4) Když destičku zvedneme dále od magnetů, zvuk ztichne. Hrající destičku pak můžeme lehce držet v prstech (nejlépe za některý z rohů) a z boku k závitům na jedné straně přibližovat magnet, pólem k závitům. Demonstrujeme tak, že bez magnetického pole destička nehraje, přibližujeme-li magnet, začíná hrát stále silněji. Kvalitativně tak demonstrujeme, že síla, kterou magnet působí na vodič s proudem, závisí na „síle magnetického pole“, tedy na velikosti magnetické indukce.

5) Pak je vhodné nechat žáky resp. všechny přihlížející, aby si na destičku sáhli. Prsty je cítit, jak se destička chvěje, zejména když jsou ve skladbě dostatečně přítomny basy. (Zvuk houslí nebo flétny při vyšších tónech sice dobře slyšíme, ale chvění cítíme jen minimálně.)

6) Dále je vhodné nabídnout všem přihlížejícím, ať si destičku každý sám vezme do ruky, vyzkouší si k závitům přibližovat magnet a sleduje, jak hlasitě destička hraje, a cítí její chvění.

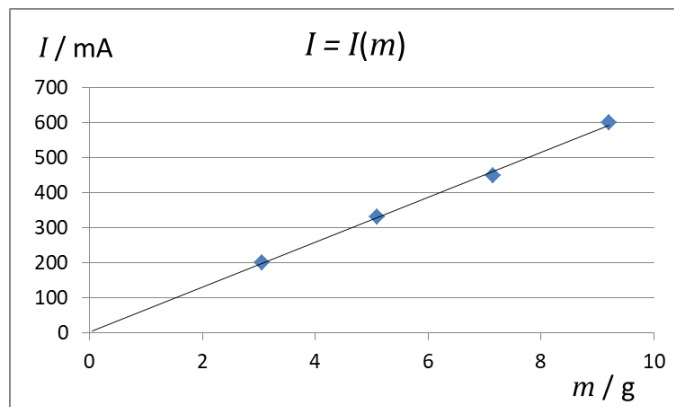
7) Zvuk hrající destičky můžeme výrazně zesílit tím, že když je na podložce a magnety jsou vedle ní (viz obr. 1), přiložíme na ni shora větší kus polystyrenu. Je dobré použít ne nějaký měkký ohebný kousek, ale polystyren sice lehký, ale tvrdší. Dobře funguje kus polystyrenu z krabic, v nichž jsou z výroby baleny různé malé spotřebiče a podobné zboží – takový polystyren bývá prolisovaný a dostatečně tvrdý. Proč se hlasitost zvýší, se dá pochopit jednoduše: Větší plocha rozvibruje víc vzduchu než malá destička 7×7 cm. (Odborníci by to jistě vysvětlili podstatně přesněji, asi by mluvili o impedančním přizpůsobení apod., ale snad uvedené kvalitativní vysvětlení stačí.)

8) Sílu, jakou magnety působí na hrající destičku (při stejném proudu tekoucím závití cívky) můžeme měnit tím, že magnety místo na plochu přicvakneme na ocelové podložky na stojato. Magnetické pole pak na závití nepůsobí v délce asi 4 cm, ale jen asi 2 cm, zvuk je proto o něco slabší. Magnety také můžeme dát jen z jedné strany, opět bude zvuk slabší. O tom, že oddálením magnetu od cívky také hlasitost klesne, jsme už mluvili, je to dáno slabším magnetickým polem dál od magnetu. Alespoň kvalitativně se těmito pokusy přesvědčujeme, že síla na vodič se chová zřejmě tak, jak udává vzorec $F = BIl$.

Náměty na další pokusy

9) Změny hlasitosti v pokusech uvedených v předchozím bodě nemusí být pro každého dobře slyšitelné (krom případu, kdy magnety vzdalujeme od závitů). Pro studenty se zájmem o experimentování by tedy mohl být přesvědčivější pokus, kdy bychom hrající destičku napájeli ze signálního generátoru (aby šlo o konstantní signál) a její zvuk měřili měřičem hlasitosti. Pro porovnávání hlasitostí by mohlo posloužit i měření hlasitosti pomocí nějaké aplikace na smartphonu. (U těchto aplikací se zřejmě nejde příliš spolehnout, že dají správnou hodnotu hlasitosti absolutně, ale pro relativní srovnání různých hlasitostí jsou použitelné.)

10) Naši pomůcku můžeme také využít přímo k měření síly, kterou magnet působí na vodiče s proudem. Zde už nepůjde o to, aby destička hrála. Napájet ji budeme stejnosměrným proudem z nějakého regulovaného zdroje a budeme zkoumat, kolik unese. Takže změříme, při jakém proudu se zvedne sama destička, a potom, jaké proudy jsou ke zvednutí potřeba, když ji zatěžíme různou zátěží. Obr. 11 ukazuje, že proud opravdu lineárně roste se zvětšující se zátěží. (Jde o předběžné měření provedené v roce 2020 při přípravě první varianty dílny s poněkud jinou destičkou, než je popsána výše.)



Obr. 11. Proud potřebný ke zvednutí jedné strany destičky.

Upozornění: Použitá zátěž musí být nemagnetická. Osvědčily se malé mosazné maticky. Upozornění 2: Proud do cívky pouštíme jen krátce. Pro měděné vodiče v kabelech či v cívkách transformátorů se nemá překračovat proudová hustota 3 A/mm^2 , to by pro náš drát dalo jen 120 mA. Takže bychom opravdu do cívky naší hrající destičky neměli delší dobu pouštět proud třeba půl ampéru nebo víc.

6. Možné modifikace a vylepšení

Výše uvedený návod, jak si udělat hrající destičku, samozřejmě není žádné dogma a pokud chcete, můžete si ji přizpůsobit. Třeba ji udělat o něco větší nebo na závity použít drát jiného průměru. Jen přitom musíte dbát, aby odpor cívky nebyl příliš malý, příslušné výpočty viz Dodatek tohoto příspěvku. K větší cívce by ovšem bylo vhodné dát větší magnety (výše uvedené magnety působí na vodiče jen na délce asi 4 cm). K dostání je například magnet o rozměrech $75 \times 20 \times 20 \text{ mm}$ (viz např. [15]), ten jde ostatně použít i s naší destičkou.

Jak už bylo řečeno výše, s hrající destičkou by šlo použít i neodymové magnety. Ovšem když se podíváme do katalogů dodavatelů, zjistíme, že v rozměrech srovnatelných s námi užitými feritovými magnety jsou jednak nejméně o řád dražší (jeden kus stojí přes sto korun) a jednak, že jejich přídržná síla je přes 20 kg; s takovými magnety bychom už museli zacházet dost opatrně.

Vhodnou drobnou úpravou by bylo použít jako přívody k hrající destičce ne přímo drát, jímž jsou vinuty závity (je tenký, přece jen se může přetrhnout), ale nějaký tenký izolovaný kablík. Musí být dostatečně ohebný, aby pohyb destičky neomezoval. Osobně jsem v nabídce obchodů takové kablíky zatím neobjevil, ale Václav Pazdera na dílně poznamenal, že by šly využít kablíky vytažené z prodlužovacích kabelů jack-jack, které jsme použili pro přívod ze zdroje signálu. To je dobrý nápad (díky za něj), zřejmě by se dalo porozhlédnout po nějakých levnějších kabelech bez konektorů na koncích jako po vhodném zdroji ohebných kablíků – pokud nějaké dostupné objevíte, budu rád, když mi dáte vědět.

Efektivitu hrající destičky by zřejmě šlo vylepšovat tak, že bychom závity cívky navinuli na vhodný tenký rámeček, použili magnetický obvod s pólovými nastavci a k rámečku připevnili nějakou membránu ve tvaru kužele. Tím už bychom se přiblížili ke konstrukci skutečných reproduktorů. Návod na podobné konstrukce lze ostatně najít na internetu, viz např. [16].

Závěr

Popsaná hrající destička demonstruje princip elektrodynamického reproduktoru a ukazuje to způsobem, který většinu lidí docela překvapí a zaujme. Jde o názornou ukázkou síly, kterou magnetické pole působí na vodič s proudem. Fakticky jde o sílu, kterou magnetické pole působí na pohybující se náboje. Tato síla se nazývá Lorentzova síla – proto někdy říkám (vysokoškolským studentům, kteří tento název znají), že hrající destička vlastně ukazuje „Lorentzovu sílu v akci“.

Ať už budete při jejím použití užívat jakékoli názvy, přeji vám, aby se vám konstrukce hrající destičky zdařila a vám i vašim žákům přinesla hodně radosti, překvapení a poučení.

Literatura

- [1] Dvořák L.: *Pár věcí z tábora 4 – tentokráte o zvuku*. In: sborník z konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 6. Ed.: O. Lepil O., Vydavatelství Univerzity Palackého v Olomouci, 2001, s.32-38. Dostupné online: http://vnuf.cz/sbornik/prispevky/pdf/06-06-Dvorak_L.pdf
- [2] Dvořák L.: *Informal Physics Education and Teachers' Training – Some Examples and Experiences*. In: „Informal Learning and Understanding of Physics“, GIREP book of Selected contributions of the Third International GIREP Seminar, 2005, Ljubljana. Ed: G. Planinšič, A. Mohorič, Univ. of Ljubljana, 2006, ISBN 961-6619-00-4, p. 86-95.
- [3] Neomag: Magnet FH009 - 40x20x10 F30. Dostupné online (cit. 16. 10. 2021): <http://www.neomag.cz/cz/katalog/feritove-magnety/hranoly-ferity/fh009-40x20x10-f30/>
- [4] Unimagnet: FE-KV-40-20-10. Dostupné online (cit. 16. 10. 2021): https://www.unimagnet.cz/fe-kv-40-20-10_z674/
- [5] HADEx: Zesilovač 16W, modul s TDA2030. Dostupné online (cit. 16. 10. 2021): <https://www.hadex.cz/m426b-zesilovac-16w-modul-s-tda2030/>
- [6] GM Electronic: Mono audio zesilovač 18W s TDA2030A. Dostupné online (cit. 16. 10. 2021): <https://www.gme.cz/mono-audio-zesilovac-18w-s-tda2030a>
- [7] GM Electronic: JACK 3,5 stereo vidlice na kabel, plast NP-107-EN. Dostupné online (cit. 16. 10. 2021): <https://www.gme.cz/konektor-jack-3-5-stereo-vidlice-scp-2004t>
- [8] GM Electronic: Propojovací audio kabel Jack 3,5mm (M) - Jack 3,5mm (M), 1m Valueline. Dostupné online (cit. 16. 10. 2021): <https://www.gme.cz/kabel-jack-3-5-m-m-1m>
- [9] GM Electronic: JACK 3,5 4pol vidlice na kabel, plast SS 35K4. Dostupné online (cit. 16. 10. 2021): <https://www.gme.cz/konektor-jack-scp-2004-4p>
- [10] GM Electronic: Propojovací kabel Jack 3,5mm (M) - 3xRCA Cinch (M), 1m VIGAN. Dostupné online (cit. 16. 10. 2021): <https://www.gme.cz/propojovaci-kabel-jack-3-5mm-m-3xrca-cinch-m-1m-vigan>
- [11] GM Electronic: Cinch RCA zásuvka do DPS 90° RS-101F žlutý. Dostupné online (cit. 17.10.2021): <https://www.gme.cz/konektor-cinch-zasuvka-kovova-do-dps-90-zluta>
- [12] HADEx: CINCH zdířka panelová s matkou bílá. Dostupné online (cit. 17. 10. 2021): <https://www.hadex.cz/d151-cinch-zdirka-panelova-s-matkou-bila/>
- [13] HADEx: Kabel 2xCinch-Jack 3,5 stereo, 3m. Dostupné online (cit. 17. 10. 2021): <https://www.hadex.cz/n010a-kabel-2xcinch-jack-35-stereo--3m/>
- [14] Dvořák L.: *Multivibrátor*. In: Dílny Heuréky 2019. Sborník konferencí projektu Heuréka. Ed.: V. Koudelková, Matfyzpress, Praha, 2020. ISBN 978-80-7378-410-2, s. 25-43. Dostupné online: <https://kdf.mff.cuni.cz/heureka/ke-stazeni/sborniky-dilen-heureky/sborniky/SbornikDilenHeureky2019.pdf>
- [15] Neomag: Magnet FH021- 75x20x20 F30. Dostupné online (cit. 18. 10. 2021): <http://www.neomag.cz/cz/katalog/feritove-magnety/hranoly-ferity/magnet-fh021-75x20x20-f30/>
- [16] IOP: *Model loudspeaker*. Dostupné online (cit. 18. 10. 2021): <https://spark.iop.org/model-loudspeaker>

- [17] Šuma J.: *Katalogový list: Cu lakované dráty*. Dostupné online (cit. 18. 10. 2021): <http://www.suma-msec.cz/uploads/assets/pdf/Drat%20lakovany%20LCIA.pdf>
- [18] Wikipedie: *Rezistivita*. Dostupné online (cit. 18. 10. 2021): <https://cs.wikipedia.org/wiki/Rezistivita>
- [19] Converter: *Měrný odpor*. Dostupné online (cit. 18. 10. 2021): <http://www.converter.cz/tabulky/merny-odpor.htm>
- [20] Wikipedia: *Electrical resistivity and conductivity*. Dostupné online (cit. 18. 10. 2021): https://en.wikipedia.org/wiki/Electrical_resistivity_and_conductivity
- [21] Mikulčák J., Charvát J.: *Matematické, fyzikální a chemické tabulky a vzorce pro střední školy*. Prometheus, Praha, 2003.
- [22] Wikipedia: *Copper*. Dostupné online (cit. 18. 10. 2021): <https://en.wikipedia.org/wiki/Copper>

Dodatek: Co když máme drát jiného průměru

Pro výrobu hrající destičky nemusíme nutně shánět drát stejného průměru, jako jsme použili na naší dílně. Drátů je k dispozici velké množství průměrů, na internetu můžeme najít třeba katalog [17] nebo nabídky různých dodavatelů. Máme-li drát jiného průměru nebo polystyrenovou destičku jiných rozměrů, kolik závitů máme navinout? A hodí se pro výrobu destičky drát libovolného průměru?

Podstatné bude, aby odpor navinuté cívečky dal požadovanou hodnotu, tedy $4\ \Omega$ nebo $8\ \Omega$, podle toho, pro jaký odpor reproduktorů je určen zesilovač, který použijeme. Odpor drátu délky λ o průřezu S je dán vztahem

$$R = \rho \frac{\ell}{S}, \quad (1)$$

kde ρ je měrný odpor drátu (používá se též název *rezistivita*). Pro měď uvádějí tabulky hodnotu asi

$$\rho \doteq 1,7 \cdot 10^{-8}\ \Omega\text{m} . \quad (2)$$

Pozn.: Různé tabulky uvádějí různé hodnoty. Česká Wikipedie [18] hodnotu $1,78 \cdot 10^{-8}\ \Omega\text{m}$, tabulky [19] hodnotu $1,75 \cdot 10^{-8}\ \Omega\text{m}$, anglická Wikipedia [20] hodnoty $1,72 \cdot 10^{-8}\ \Omega\text{m}$ a $1,68 \cdot 10^{-8}\ \Omega\text{m}$ (tu druhou hodnotu pro žíhanou měď), středoškolské tabulky [21] dokonce $1,5 \cdot 10^{-8}\ \Omega\text{m}$. Patrně záleží na tom, zda jde o měď čistou či s nějakými příměsemi, a na způsobu jejího zpracování. (Pro čistou měď bych asi věřil hodnotě $16,78\ \text{n}\Omega\text{m}$ uvedené na [22].) Pro naše účely však přibližná hodnota (2) bohatě postačí.

Průřez vodiče je $S = (\pi/4)d^2$, kde d je průměr vodiče, délka je $l = 4aN$, kde a je délka strany polystyrenové destičky (předpokládáme, že má tvar čtverce) a N počet závitů. Dosazení do (1) dá

$$R = \rho \frac{16aN}{\pi d^2} . \quad (3)$$

Dosazovat ovšem délku strany destičky a zejména průměr drátu v metrech je poněkud nepohodlné. Vztah (3) bude pro praktické účely vhodnější, když v něm nahradíme $a = (a/1\text{ cm}) 10^{-2}\text{ m}$ a $d^2 = (d/1\text{ mm})^2 10^{-6}\text{ m}^2$.

Po dosazení do (3) dostaneme

$$R \doteq 8,7 \cdot 10^{-4} \Omega \cdot \frac{(a/1\text{ cm})}{(d/1\text{ mm})^2} N . \quad (4)$$

Pro hodnoty odpovídající hrací destičce vyráběné na naší dílně ($a = 7\text{ cm}$, $d = 0,224\text{ mm}$, $N = 32$) vychází $R \doteq 3,9\ \Omega$. Spolu s odporem přívodních vodičů se dostaneme nad požadované $4\ \Omega$.

Označíme-li konstantu ve (4) jako R_0 :

$$R_0^{\text{ozn.}} = 8,7 \cdot 10^{-4} \Omega , \quad (5)$$

dostaneme ze (4) potřebný počet závitů jako

$$N \doteq \frac{R}{R_0} \cdot \frac{(d/1\text{ mm})^2}{(a/1\text{ cm})} . \quad (6)$$

Vidíme, že pro větší destičku počet závitů klesá nepřímo úměrně s délkou hrany destičky. Podstatnější je ovšem závislost na průměru drátu. Kdybychom použili drát o dvakrát větším průměru, museli bychom navinout čtyřikrát víc závitů, pro drát o průměru 1 mm by to už bylo dvacetkrát víc závitů než pro námi použitý drát průměru $0,224\text{ mm}$, tedy přes šest set závitů.

S větším počtem závitů úměrně roste síla, kterou magnetické pole na cívku působí. Ovšem ještě mnohem rychleji roste hmotnost závitů: jednoduchý výpočet ukáže, že zmíněných šest set závitů měděného drátu o průměru 1 mm by mělo hmotnost přes 1 kilogram . To už by nešlo o lehkou cívečku na polystyrenové destičce, ale spíše o polystyren nacpaný v měděném rámečku. Spočtete si také, jaký průřez by mělo takovéto vinutí! Po připojení k baterii by takováto „těžkotonažní destička“ určitě neposkakovala a po připojení k zesilovači zřejmě slyšitelně nehrála. (Prakticky jsem to nezkoušel a zkoušet nebudu, vinout skoro dvě stě metrů drátu mě nijak neláká.)

Je zřejmé, že průměr drátu nelze příliš zvyšovat. Pro námi použitý průměr $0,224\text{ mm}$ a 32 závitů (z čehož vychází délka drátu asi 9 m) vychází hmotnost cívky něco přes 3 gramy . Je tedy srovnatelná s hmotností vlastní polystyrenové destičky (při hustotě pěnového polystyrenu asi 30 g/dm^3). Dvakrát větší průměr by podle (6) znamenal čtyřikrát větší počet závitů, tedy čtyřikrát větší délku drátu, a současně čtyřikrát větší průřez drátu, tedy 16 -krát větší objem a tedy i šestnáctkrát větší hmotnost, tj. už skoro 50 g .

Je tedy vidět, že průměr drátu bychom neměli volit větší než asi $0,3\text{ mm}$. Pro tento průměr by vhodný počet závitů byl necelých 60 a hmotnost cívky by byla necelých 10 g , to by zřejmě bylo ještě únosné.

Naopak použití příliš tenkého drátu by znamenalo, že počet závitů by vyšel příliš nízký, to by snížilo sílu působící na celou cívku. (O něco tenčí drát by přicházel v úvahu, pokud bychom potřebovali cívku o odporu $8\ \Omega$.) Navíc tenčí drát snese menší proudové zatížení. Takže lze odhadnout, že průměr drátu by bylo vhodné volit nejméně asi $0,15\text{ mm}$.

Teoretické odhady jsou užitečné, ovšem někdo by mohl namítnout „šedá každá teorie“. Takže rada pro ty, kdo se chtějí vyhnout výpočtům nebo jim nedůvěřují: Až seženete nějaký smaltovaný drát (ovšem průměrům přes 0,5 mm se z výše uvedených důvodů vyhněte), namotejte na zvolenou polystyrenovou destičku pár desítek závitů a změřte výsledný odpor. Pokud bude menší než $4\ \Omega$, musíte přidat. Pokud bude větší, závitů uberte.

K měření odporu ještě jedno upozornění: Měřit odpory řádu jednotek ohmů běžným multimetrem nemusí být moc přesné. Zkuste si nejdřív spojit měřicí přívody přímo (do zkratu), uvidíte, že multimetr nejspíš ukáže pár desetín ohmu. Tuhle hodnotu pak musíte při měření odporu cívky odečíst.

A až budete mít cívku na polystyrenové destičce navinutou a omotanou izolepou, která ji fixuje, dejte ji k magnetům a vyzkoušejte výše uvedené pokusy. Věřím, že budete úspěšní a cívka bude hrát.

Hustota v injekční stříkačce

Karel Heřman

Gymnázium Příbram, Legionářů 402, Příbram

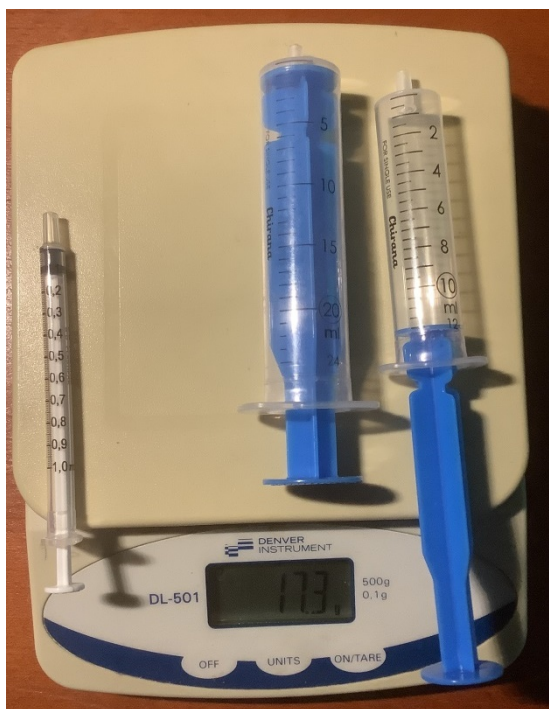
Abstrakt

Laboratorní práce na hustotu, při které se používají dovažovací váhy a injekční stříkačka. Lze tímto způsobem rychle měřit hustotu kapalných, sypkých látek i pevných těles. Měření je vhodné jak pro základní, tak pro střední školy.

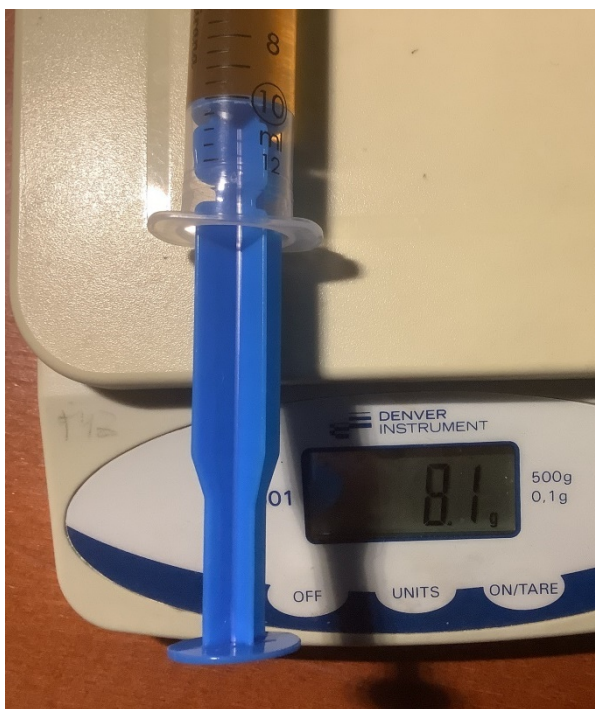
Hustota v injekční stříkačce

Pomůcky:

Dovažovací váhy s přesností 0,1 gramu, hmoždíř s tloučkem, modelína, injekční stříkačky (ideálně objem 10 ml a 1 ml), kapaliny různé hustoty, různé sypké látky (cukr, sůl, mouka, písek, ...), malá pevná tělesa.



Obr. 1. Použité pomůcky.



Obr. 2. Měření hustoty kapaliny.

Vlastní měření – hustota kapalin:

Měření začneme tím, že na vynulované váhy položíme prázdnou injekční stříkačku, zvážíme ji a váhy „vynulujeme“. Poté nasajeme do stříkačky 10 ml kapaliny a položíme na váhu. Ta ukáže „čistou“ hmotnost kapaliny. Hustotu v $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ pak spočítáme tak, že danou hmotnost v gramech vydělíme číslem 10 (objem kapaliny ve stříkačce v cm^3). Výsledné hodnoty zapíšeme do tabulky. Čtyři různé tekutiny, pro snazší orientaci obarvené

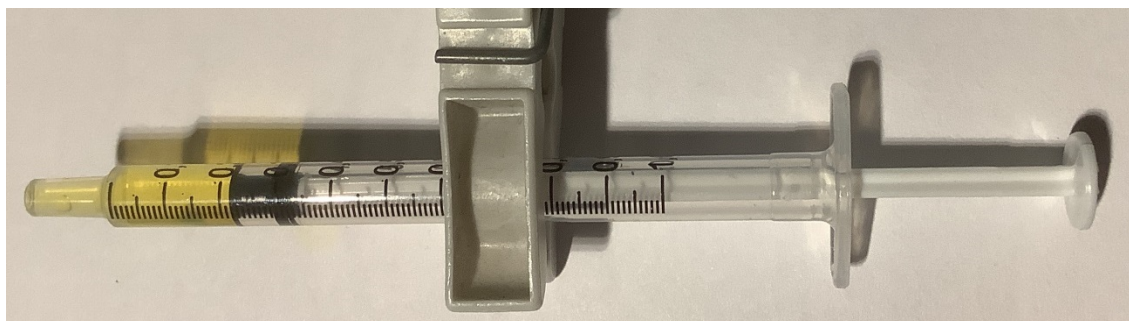
potravinářským barvivem, jsou pro všechny připraveny ve společných kádinkách na volné lavici.

Vlastní měření – hustota sypkých látek:

Postup je prakticky totožný s měřením hustoty kapalin. Cukr a sůl lze měřit v „konzumním“ stavu, bez mechanické úpravy. Měřenou látku samozřejmě nenasáváme, ale sypeme ji otvorem při vytaženém pístu. Je potřeba látku dosypávat či ubírat tak, aby bylo dosaženo co nejpřesnějšího objemu, například 10 ml. Vlastní postup určení hustoty je intuitivně stejný.

Vlastní měření – hustota pevných těles:

Na začátku využijeme dvě stříkačky 20 ml. Lze samozřejmě měřit pouze hustotu těles, která se vejdou do válce stříkačky. Do první stříkačky nasajeme vodu. Z druhé vyjmeme píst a stříkačku zapícháme do modelíny. Tím se nám utěsní výtokový otvor a modelína zároveň slouží jako stojánek. Do této měřicí injekční stříkačky vstříkneme z první stříkačky takové množství vody, aby se těleso do válce vložené zcela ponořilo (má-li hustotu menší než voda, lze ho pod hladinu zatlačit tenkým drátkem). Objem vody (musí být co nejpřesnější) zapíšeme. Těleso zvážíme a hmotnost si zapíšeme do tabulky. Poté vložíme měřené těleso do vody a změříme jeho objem. Pro větší přesnost lze stříkačkou s přesností aspoň 0,1 ml doplnit vodu přesně „na dílek“, tuto doplněnou tekutinu pak musíme od objemu samozřejmě odečíst. Hustotu tělesa poté spočítáme podle známého vzorce.



Obr. 3. Doplnovací stříkačka, přesnost 0,01 ml.

Závěr

Tento způsob měření hustoty jsem poprvé využil v rámci projektu IKAP před zhruba pěti lety, od té doby ho zařazuji jednak v primě, pokud ji učím, a pak v praktických cvičeních v 1. ročníku. Laboratorní práce se stala mojí oblíbenou z důvodu její jednoduchosti a rychlosti jak provedení, tak i zpracování.

Vrtulníky na gumový pohon

Zdeněk Hubáček

Gymnázium Kroměříž

Abstrakt

Vrtulník na gumový pohon je velmi užitečná pomůcka vhodná pro děti ve věku 3 až 99. Konstrukce přináší řadu průniků techniky a fyziky. Cílem je ukázat žákům, že je nutné mít přírodovědné znalosti, aby mohli vyrobit tuhou lehkou konstrukci, která může snadno létat a je stabilní a výkonná. Pro velké množství dětí je překvapující, jak je snadné postavit vrtuli z vatové tyčinky, PET lahve a kousku drátu. Další překvapení mnozí zažívají, když si gumové vlákno prudce protáhnou a vloží mezi rty (pozor, nepustit, to by bylo další překvapení). Hotový vrtulník poslouží v kabinetu fyziky jako pomůcka, která, mimo jiné, udělá parádu v kapitole přeměny mechanické energie.

Úvod

Téma lze zařadit hned do několika tematických celků. S dětmi rozebírám pružné chování gumového svazku a uchování části mechanické práce ve formě mechanické energie pružnosti. Na sendvičové konstrukci izolepa - polystyren - izolepa ukazují okamžitý nárůst tuhosti v ohybu. Účinky obtékání vrtulového listu ukazují v aerodynamice a v termodynamice se mohou bavit o chování gumového svazku, který se při prudkém napnutí znatelně zahřívá a při povolení napětí naopak ochlazuje, podobně jako plyn při adiabatických dějích. Projekt lze zařadit i v kapitole o tepelných účincích elektrického proudu, které využíváme při řezání polystyrenových plátů. V neposlední řadě stavba vrtulníku rozvíjí zručnost žáků.

Na dílně jsem téma vrtulníků zúžil na vyráběný model, přesto je možné bavit se s žáky o pojmech jako cyklika a kolektiv, což jsou mechanismy ovládající úhel náběhu jednotlivých listů rotoru.

Protože jsem dílnu vedl pro učitele na mnoha dílnách, mohl bych popisovat jejich průběh. V rámci dílny se však učitelé seznamovali se způsobem, jak předat téma žákům, takže si dovoluji popsat spíše onen postup.

Pomůcky:

2mm polystyrenové pláty řezané horkým drátem z odpadního materiálu srovnané na rozměr asi 2×15cm, izolepa, válcová PET láhev, vatové tyčinky, ocelová struna 0,4 mm délky 5 cm, skleněný korálek, kousek lehké balsové lišty 2×10×150 mm, modelářská guma 3×1 mm délky 28 cm, sekundové lepidlo, nůž, nůžky, kleště.

Pracovní a metodický postup:

Žáci nejprve dostávají modelářskou gumovou nit (guma Tan 2 z modelářských prodejen), na níž si ukazujeme obrovskou průtažnost, lze dosáhnout až osminásobného prodloužení. Vkládáme prudce protaženou gumu mezi rty a zkoumáme nárůst její teploty a ochlazení při povolení napětí.

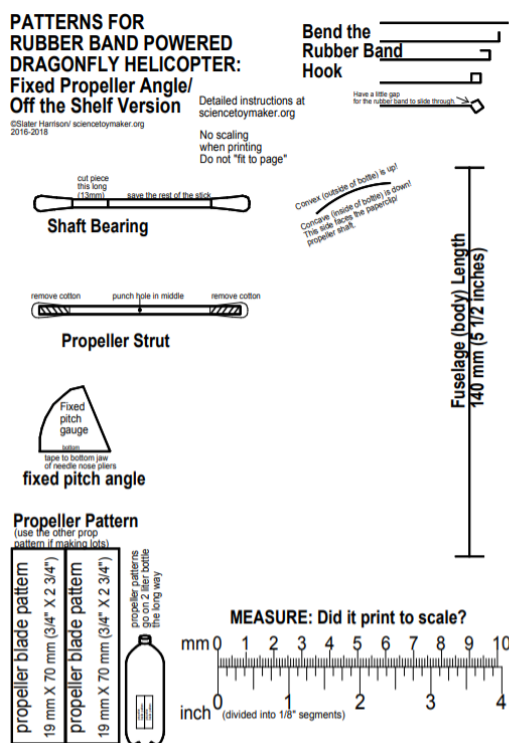
Ukazujeme si, že při natahování konáme práci, která se ukládá do polohové energie pružnosti a uvolní se po upuštění jednoho z konců. Účinky uvolněné energie si uvědomíme jako štípnutí v zasažené dlani, zde je třeba upozornit na bezpečnost.

Gumu svážeme do smyčky, jak je vidět na obrázku 1.



Obr. 1. Celobalsový "půlvrtulový" vrtulník podle časopisu Modelář.

Dále pracujeme se šablonami ze stránek Slatara Harrisona [1].

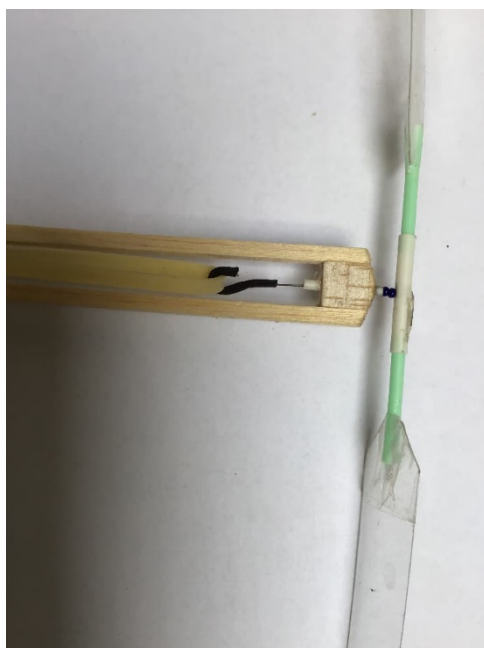


Obr. 2. Ukázka šablony.

Podle šablony vystříháme vrtulové listy z válcové části PET lahve, delší strana listu je rovnoběžná s osou lahve, tím dostává list prohnutí do tvaru nosného profilu.

Následující popis bez předvedení může působit nesrozumitelně, ale pokud si přehrajete výrobní video ze stránek [1] v sekci Dragonfy helicopter, bude asi vše jasné.

Vatovou tyčinku zbavíme vaty, uprostřed propíchneme kolmo špendlíkem a provlékneme osu z ocelového drátu 0,4 mm. Koncové části tyčinky zploštíme kleštěmi tak, aby zploštění svírala úhel asi 10° s drátovou osou, tím dosáhneme požadované překroucení vrtule. Zploštění prořízneme, vložíme a izolepou přelepíme vrtulové listy dle obrázku 3.



Obr. 3. Detail vrtulového kompletu.

Drátěnou osu vrtule vytáhneme a naohýbáme dle šablony z obr. 2.

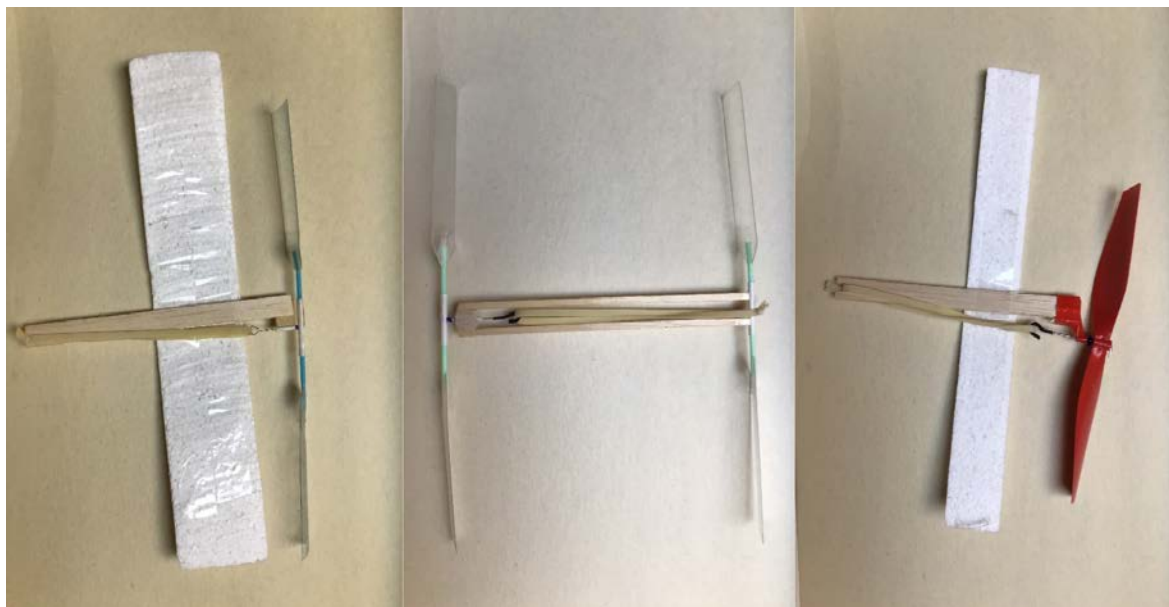
Balzovou lištu opatříme balzovým rozšířením a ložiskem vrtulového kompletu, které uřízneme z kousku vatové tyčinky a přilepíme k liště sekundovým lepidlem. Provélečeme osu, nasadíme korálky a vrtuli. Osu zahneme a slepíme s vrtulí izolepou dle obr. 4.

Volně se protáčející vrtuli můžeme nyní roztočit náporem vzduchu jako větrný mlýnek a ukázat na podobnost s větrnou elektrárnou.

Pokud v tomto stavu konstrukce navlékneme gumové oko a natočíme 40 otáček, roztočí se po vypuštění reakčním momentem lišta místo vrtule a vrtulník nestoupá. Takto dětem ukážeme význam polystyrenové desky, kterou budeme nyní přichycovat k trupu, ta se totiž svým odporem opře o okolní vzduch. Ještě před přichycením desky ji opatříme polepy izolepou, které zajistí dostatečnou tuhost v ohybu. Nárůst tuhosti můžeme ukázat například podložením destičky na koncích a zatížením maticemi M8. Bez polepů se destička ohýbá a neunes ani jednu matici, po polepení jich unese několik bez znatelného průhybu. Ukazujeme zde význam v letectví často využívaných sendvičových konstrukcí, které jsou zároveň lehké a tuhé.

Poslední varianta na obrázku 4 využívá polotovaru vrtulového kompletu. Tato varianta je poněkud dražší a méně „eko“, ale časově nenáročná. Vrtulové komplety jsou dostupné například zde [2].

Nyní již můžeme směle natočit několik desítek až stovek otáček a zkoušet dostup vrtulníku v krytých a za bezvětrí i ve venkovních prostorách.



Obr. 4. Různé varianty vrtulníků.

Závěr

Téma lze zařadit hned do několika tematických celků.

S dětmi rozebírám pružné chování gumového svazku a uchování části mechanické práce ve formě mechanické energie pružnosti.

Na sendvičové konstrukci izolepa – polystyren – izolepa ukazují okamžitý nárůst tuhosti v ohybu.

Účinky obtékání vrtulového listu ukazují v aerodynamice.

V termodynamice se mohou bavit o chování gumového svazku.

Výrobu lze zařadit i v kapitole o tepelných účincích elektrického proudu, které využíváme při řezání polystyrenových plátů.

V neposlední řadě stavba vrtulníku rozvíjí zručnost žáků.

Literatura a odkazy

[1] Stránky Slatara Harissona [cit. 4. 10. 2021]. Dostupné online:

<https://sciencetoymaker.org/>

[2] <https://www.hiesbok.cz/Vrtulovy-komplet-full-d289.htm>

Simulujeme

Miroslav Jílek

Gymnázium, Polička, nábřeží Svobody 306

Abstrakt

Je přesnější simulace fyzikálního děje, nebo modelový experiment? A může vždy jedno nahradit druhé? Dílna je zaměřena na práci s aplikací Algodoo, vytvoření několika simulací reálných fyzikálních procesů a zhodnocení výhod a nevýhod v porovnání s experimentálním sledováním takových procesů. Součástí dílny byla také diskuze zkušeností a možností konkrétního využití aplikace při výuce.

Úvodem – proč simulace

Přesto, že reálné experimenty mají a zřejmě vždy budou mít svoji nezastupitelnou úlohu při výzkumu i při tvorbě technických aplikací a inovací, existuje nemálo oblastí, kde jsou místo experimentů využívány počítačové simulace a numerické modely, ať už jde o předpovídání počasí, návrhy optimální aerodynamiky automobilů nebo hledání vhodného tvaru rotující turbíny, která nebude podléhat škodlivým vlivům rezonančních frekvencí. Použití počítačové simulace místo větrného tunelu například u zmíněného navrhování tvaru karoserie automobilu tak bude především ve fázi prototypování zřejmě mnohem rychlejší a levnější než opakovaná výroba fyzických modelů a jejich zkoušení v reálném prostředí. Také hledání příčiny časté poruchy nějakého zařízení znamená opakované ladění parametrů jednotlivých součástí takového zařízení a zkoumání jejich vlivu na celek, což bude s využitím počítačové simulace daného zařízení mnohem efektivnější než více nebo méně náhodné hledání příčiny metodou pokus-omyl.

I při výuce fyziky a technických oborů je tak zřejmě žádoucí žákům minimálně nastínit, jaké jsou výhody a možnosti, ale i úskalí a limity použití počítačových modelů k simulaci reálných jevů a procesů. V tomto příspěvku je představeno několik konkrétních příkladů využití volně dostupné aplikace Algodoo [1], která je pro takové výukové účely velmi vhodná vzhledem ke své relativní jednoduchosti a uživatelské přívětivosti, ale na druhé straně i množství volných parametrů, které lze v aplikaci nastavovat v porovnání s většinou běžných počítačových apletů zaměřených na jednotlivé jevy nebo experimenty.

Příklady použití

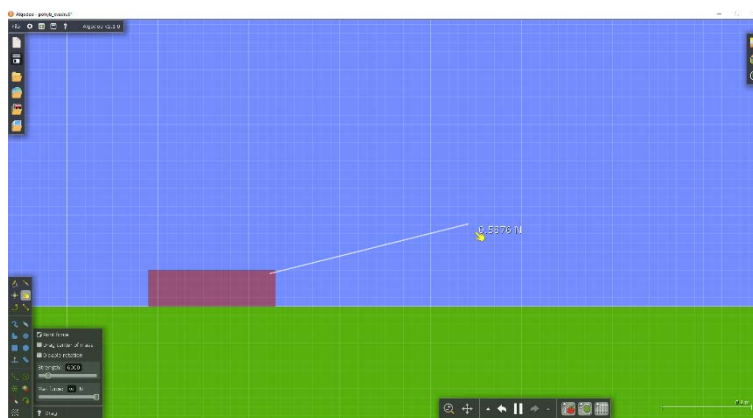
Před prvním použitím aplikace Algodoo je vzhledem k jejímu rozsahu vhodné vyzkoušet si základní ovládání a orientaci v prostředí, které je naštěstí velmi intuitivní a všechny položky obsahují kontextovou nápovědu po najetí kurzorem na položku. To samé platí při prvním použití aplikace s žáky, kdy je efektivní ukázat a objasnit společně na předpřipravených příkladech nejdůležitější funkce a parametry. V základním nastavení představuje prostředí zemi a atmosféru nad ní se zapnutým působením tíhové síly. Pro lepší představu o rozměrech je vhodné zapnout si zobrazení souřadnicové mříže posledním tlačítkem v dolním ovládacím menu. Tažením myši se stisknutým pravým tlačítkem ve vzduchu se přemísťuje celé prostředí, tažením v oblasti země se mění sklon zemského povrchu (rozhraní země a vzduchu). Zvětšování a zmenšování se nejjednodušeji

provádí kolečkem myši. Kromě tlačítka se zelenou šipkou pro spuštění a pozastavení simulace v dolním menu je často využitelné tlačítko se zpětnou šipkou *Undo*, kterým se vrátíme o krok zpět například k původnímu nastavení animace. Při vytváření i používání simulací je potřeba myslet na to, že obecně pracujeme jen ve 2D zobrazení, vzhledem ke vztahu mezi hmotností a hustotou se všechny objekty chovají jako desky o tloušťce 1 mm. Tuto jejich tloušťku nelze měnit (lze pouze měnit pořadí, který objekt je více v popředí), znamená to, že si musíme vybrat, zda je pro daný příklad rozhodující při daných rozměrech hmotnost objektu, nebo hustota.

Následující jednoduché příklady jsou zaměřeny především na vliv třecí síly a odporu prostředí na pohyb těles a doplněny několika dalšími problémy. Zároveň jsou příklady koncipovány tak, aby představily vybrané základní funkce, nastavení parametrů a možností zobrazení aplikace systémem od jednoduššího ke složitějšímu. První příklady tak mohou být v podobné formě použity i pro prvotní seznámení žáků s aplikací. Množství dalších možností aplikace už je potom poměrně snadné vyzkoumat intuitivně podle popisu a nápovědy u jednotlivých prvků, případně využít předpřipravené on-line dostupné lekce ve složce *Lessons* v levém horním menu. Níže popsané příklady jsou jako soubory aplikace Algodoa přílohou tohoto příspěvku (v textu jsou názvy souborů zvýrazněny tučným písmem) a po nainstalování aplikace je lze spustit z libovolného umístění.

Pohyb kvádrů

První příklad **pohyb_kvadru** představuje kvádr na podložce, který mohou žáci jednoduše vytvořit pomocí nástroje *Box tool* z panelu modrých nástrojů v levém dolním rohu. Při jeho vytváření tažením myši se zároveň ukazují rozměry kvádrů. Po kliknutí na vytvořený obdélník pravým tlačítkem myši lze v menu *Material* nastavit kromě jiných vlastností hmotnost *Mass* na 0,14 kg, odpovídající hmotnosti dřevěného kvádříku ze sady pro měření tření, který můžeme použít pro porovnávání simulace a reálných jednoduchých experimentů. Spustíme simulaci zelenou šipkou *Pause and stop simulation* v dolním panelu nástrojů, přičemž kvádr například spadne na zem, pokud jsme ho vytvořili v horní, modré oblasti představující atmosféru. Pomocí nástroje *Drag tool* z panelu žlutých nástrojů v levém dolním rohu můžeme nyní tahat za vytvořený objekt, přičemž se nám zobrazuje síla, kterou na objekt působíme. Vyzkoušíme, jakou nejmenší silou je potřeba působit ve vodorovném směru, aby se kvádr rozpohyboval. Necháme také žáky dopředu odhadnout a potom prozkoumat, při jakém úhlu působící síly vzhledem k podložce bude její velikost nutná k rozpohybování kvádrů nejmenší.

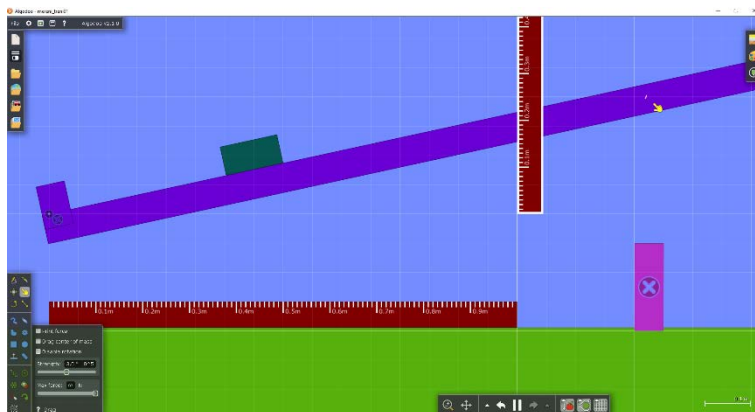


Obr. 1. Tažení kvádrů – v nastavení nástroje lze nastavit citlivost zobrazení síly.

Oba jednoduché příklady můžeme porovnat s reálným taháním dřevěného kvádříku pomocí siloměru. V diskuzi srovnání výsledků simulace a reálného experimentu se určitě dostaneme k otázce velikosti součinitele smykového tření mezi kvádrem a podložkou, který můžeme nastavit po kliknutí pravým tlačítkem myši na kvádr v menu *Material* tak, aby odpovídal reálnému pokusu. (Důležitá poznámka: Stejnou hodnotu součinitele smykového tření je vždy potřeba nastavit také u podložky – země, aby vycházela velikost třecí síly ve shodě s jejím definičním vztahem.) V případě směru minimální síly asi postačí v prvním přiblížení ukázat, že díky částečnému nadlehčování kvádru nejde o sílu rovnoběžnou s podložkou, konkrétní úhel α pro minimum potřebné síly potom závisí na hodnotě součinitele smykového tření f a jeho konkrétní hodnota ($\tan \alpha = f$) by byla otázkou podrobnějšího rozboru rozšiřujícího problému najetí minima funkce velikosti síly v závislosti na směru působení.

Měření součinitele smykového tření

Již předchozí příklad bychom mohli využít k jednoduchému ověřování vztahu mezi velikostí třecí síly při tažení předmětu a jeho tíhou a k zavedení součinitele smykového tření. Pokud však máme k dispozici základní pomůcky, bude asi užitečnější provádět takové experimenty reálně. Simulaci lze naopak úspěšně použít například tam, kde chceme rychle zkoumat velké množství případů s pozměněnými parametry a nejde nám již o zavedení a přiblížení základních fyzikálních konceptů. Pomocí předpřipravené simulace **mereni_treni** můžeme žáky nechat prozkoumat, jak závisí na velikosti součinitele smykového tření úhel nakloněné roviny, po které začne kvádr samovolně sjíždět rovnoměrným pohybem – po spuštění simulace zvedáme pomocí nástroje *Drag tool* nakloněnou rovinu a sledujeme, při jaké výšce měřené na svislém pravítku se kvádr rozpožbuje pro různé hodnoty součinitele smykového tření. (Změny součinitele smykového tření provádíme opět stejně u kvádru i u nakloněné roviny.)

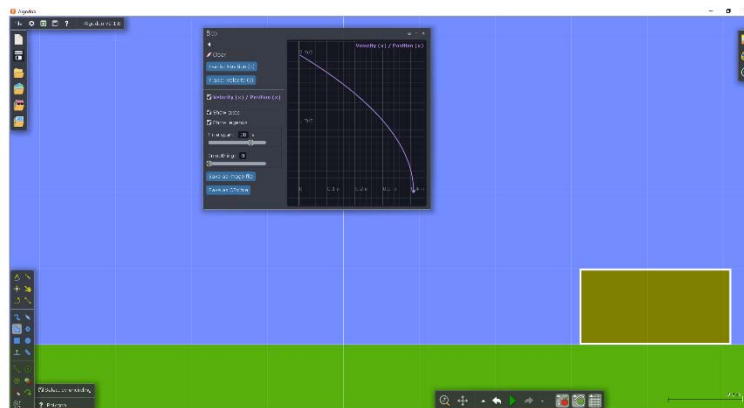


Obr. 2. Podrobnější stupnice na pravítkách se zobrazí automaticky při zvětšení scény.

Díky jednotkové velikosti vodorovného pravítka představuje hodnota na svislém pravítku přímo tangens úhlu nakloněné roviny a žáci tak mohou „sami objevit“ rovnost hodnoty součinitele smykového tření a tangenty příslušného úhlu ještě před, nebo i místo teoretického odvození tohoto vztahu.

Určování brzdné dráhy

S třením do třetice souvisí problém, jak daleko se bude pohybovat smykem (ovlivněn pouze třením) předmět v závislosti na jeho počáteční rychlosti (jaká je například minimální brzdná dráha vozidla). Simulaci **brzdna_draha** žáci jednoduše a rychle vytvoří pomocí pokynů učitele, nebo mohou opět využít již předpřipravenou simulaci. V simulaci je použitý graf, který lze obecně přiřadit jakémukoli objektu funkcí *Show plot* z menu po kliknutí pravým tlačítkem myši na objekt. (V grafu si vybereme, které veličiny chceme zobrazovat, v našem případě se jedná o závislost vodorovné rychlosti na vodorovné vzdálenosti.) Z vyskakovacího menu u kvádrů také pomocí funkce *Velocities* nastavujeme počáteční vodorovnou rychlost kvádrů. Žáci mají za úkol spustit animaci a z grafu vyčíst a poznamenat si uraženou vzdálenost při dané počáteční rychlosti. Následně se pomocí zpětné šipky *Undo* v dolním, ovládacím menu vrátí zpět na původní pozici, změní nastavení počáteční rychlosti kvádrů, spustí znovu simulaci a opět změří a zaznamenají uraženou dráhu.



Obr. 3. Počáteční nulová poloha kvádrů je označena silnější osou uprostřed.

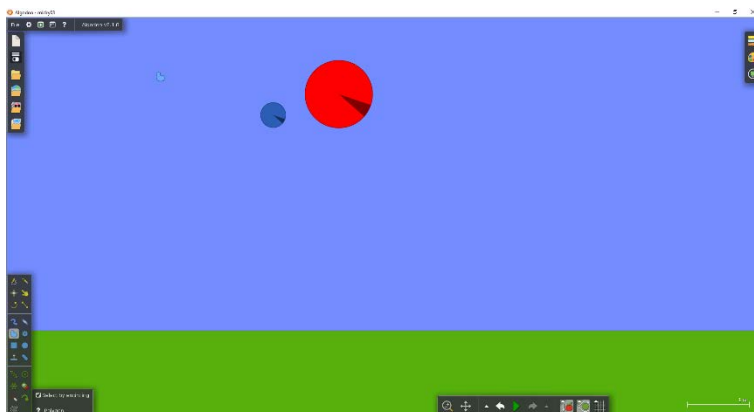
Úkolem je pokusit se z většího množství opakovaných pokusů vypočítat (zjištěné hodnoty si žáci vhodně zaznamenávají do tabulky či grafu), jak závisí brzdná dráha na počáteční rychlosti. Nalezení příslušné kvadratické závislosti potom můžeme samozřejmě objasnit i pomocí teoretického rozboru problému.

Rychlost volného pádu předmětů

Mnohdy může být užitečné využít připravené simulace také demonstračně při společném řešení různých problémů jako rychlého nástroje pro znázornění probíraných fyzikálních dějů. Jako příklad můžeme uvést problém, zda má nějakou výhodu těžší nebo naopak lehčí cyklista, lyžař apod. při jízdě z kopce. Tuto situaci můžeme převést na ještě jednodušší problém, zda všechna tělesa (bez ohledu na velikost, hmotnost nebo hustotu) dopadnou ze stejné výšky na zem ve stejnou chvíli, nebo zda dopadne některé dříve než jiné. Je přitom vhodné rozdělit situaci na tři případy, o nichž mohou žáci přemýšlet, hlasováním se rozhodnout pro jednu variantu, potom své názory ve skupinkách prodiskutovat a obhájit a následně třeba znovu hlasovat o tom, jaký výsledek považují za správný.

První případ předpokládá dvě tělesa kulového tvaru o stejné hmotnosti (liší se velikostí a hustotou). Žáci často sami dospějí ke správnému řešení, že větší těleso dopadne později,

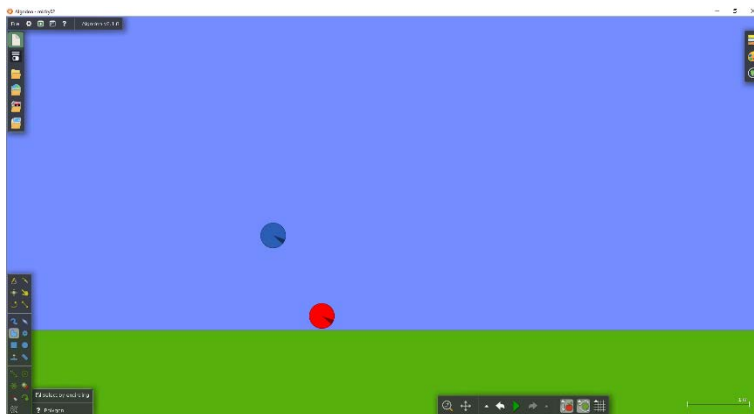
protože na něj kromě tíhové síly (stejně pro obě tělesa) působí větší odporová síla prostředí, takže bude ve výsledku padat s menším zrychlením. Tento případ je nejlépe představitelný ze zkušenosti, pokud si představíme například padající „notoricky známé“ kilogramové železné závaží a kilogramový pytel peří. Také se o výsledku snadno přesvědčíme, pustíme-li ze stejné výšky na zem pětigramové závaží a stejně těžký zmuchlaný list papíru. Pomocí jednoduché simulace **micky1** se přesvědčíme, že také numerický model dává stejné výsledky. V simulaci je u různě velkých míčků nastavena stejná hmotnost a počáteční výška. Po spuštění simulace pozorujeme, že menší míček se pohybuje s větším zrychlením. K tomu je potřeba mít zapnuté (defaultně je zapnuté) tlačítko odporu vzduchu a rychlosti větru *Turn air friction and buoyancy on and off* v dolním, ovládacím menu. Při jeho vypnutí ostatně uvidíme, že obě tělesa budou padat (v souladu s Galileiho teorií) se stejným zrychlením.



Obr. 4. Oba míčky mají stejnou hmotnost.

Dvojklikem na tlačítko otevřeme nastavení nástroje vlivu prostředí, kde je pro jednoduchost ponechána pouze jednotková velikost kvadratického členu odporové síly. V dalších příkladech si ukážeme, jak nastavit tuto hodnotu, aby lépe odpovídala reálné situaci, zde nám jde pouze o kvalitativní porovnávání.

Složitější bývá pro žáky rozhodnout, zda dopadnou na zem stejně rychle dvě tělesa o různé hmotnosti m ale stejných rozměrech, nebo zda dopadne těžší těleso dříve či později, zvláště když už ví, že odporová síla prostředí závisí podle Newtonova vztahu na ploše příčného řezu tělesa S kolmo ke směru pohybu, který je u obou těles stejný. Simulací **micky2** jednoduše ukážeme, že i přesto dopadne těžší těleso na zem dříve.



Obr. 5. Míčky padají ze stejné výšky, červený je těžší.

Výsledek potom můžeme teoreticky vysvětlit z pohybové rovnice, která předpokládá, že celková urychlující síla je dána rozdílem tíhové a odporové síly působící na těleso,

$$ma = mg - kSv^2,$$

kde a je výsledné zrychlení míčku, g je velikost tíhového zrychlení, v je rychlost tělesa a konstanta k představuje součin poloviny součinitele odporu prostředí a hustoty prostředí z Newtonova vztahu. Zrychlení míčku tedy můžeme vyjádřit jako:

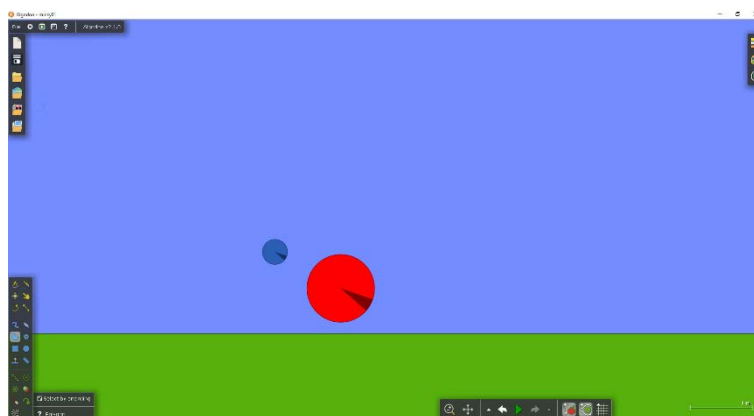
$$a = g - \frac{kSv^2}{m}$$

Odtud vidíme, že při stejném průřezu S se projeví větší hmotnost těžšího míčku ve jmenovateli zlomku zvětšením celkové velikosti zrychlení.

Třetí případ, který principiálně odpovídá jízdě cyklisty nebo lyžaře z kopce, představuje dva míčky o stejné hustotě a bývá pro žáky na vyřešení nejsložitější. O tom, že i v tomto případě dopadne na zem dříve těžší předmět, se přesvědčíme pomocí simulace **micky3**. Případné teoretické odvození by vycházelo z předchozího vztahu, kde pouze vyjádříme plochu S pomocí poloměru r koule a hmotnost součinem hustoty ρ tělesa a objemu vyjádřenému poloměrem:

$$a = g - \frac{k\pi r^2 v^2}{\frac{4}{3}\pi r^3 \rho} = g - \frac{3kv^2}{4\rho r}$$

Vidíme zde opět, že po vykrácení konstant a poloměrů zůstane poloměr tělesa pouze ve jmenovateli zlomku, takže větší těleso, které má při stejné hustotě také větší hmotnost, bude padat s větším zrychlením a dopadne tak na zem dříve.

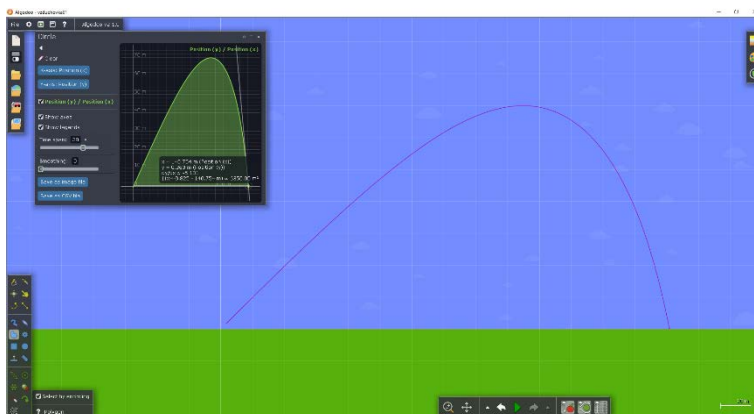


Obr. 6. Oba míčky mají stejnou hustotu a padají ze stejné počáteční výšky.

Dostřel vzduchovky

Výše popisovaný vliv odporu prostředí na těleso se výrazně uplatňuje u malých rychle se pohybujících předmětů. Můžeme tedy nechat žáky spočítat klasickou úlohu, jaký je maximální teoretický dostřel vzduchovky (při počáteční rychlosti $140 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a elevačním úhlu 45° vyjde dostřel přibližně 2 km) a odhadnout, jaká bude reálná vzdálenost se započítáním odporu vzduchu. Reálný pohyb projektilu v odporovém prostředí je potřeba modelovat numericky a zde se nám výborně hodí možnost simulace v Algodoo, kde takový model vytvoříme velmi snadno včetně jednoduchého grafického znázornění.

Připravená simulace **vzduchovka** znázorňuje malý brok o hmotnosti 0,5 g a průměru 4,5 mm vystřelovaný pod elevačním úhlem 45° počáteční rychlostí 140 m·s⁻¹. Protože je brok velmi malý, je k němu připojen nástroj *Tracer tool* z panelu zelených nástrojů v levém dolním rohu, který ukazuje zvýrazněnou trajektorii tělesa. Při vytváření tak malého objektu, jako je brok, můžeme použít zmenšení velkého kruhového tělesa pomocí nástroje *Scale tool* z panelu žlutých nástrojů. Pohodlnější je potom využít *Script menu*, které se objeví jako poslední položka v menu po kliknutí na brok pravým tlačítkem myši. Zde jsme schopni nastavit všechny atributy objektu číselně.



Obr. 7. Pro zobrazení celé trajektorie je potřeba scénu hodně oddálit.

V simulaci je použitý také graf trajektorie broku (vytvořený stejně jako v příkladu brzdě dráhy) a důležité je správné nastavení odporové síly prostředí. Z předchozího příkladu pádu míčků už víme, že ta se nastavuje v možnostech tlačítka vlivu prostředí v dolním ovládacím menu. Ke správnému nastavení hodnoty konstanty k kvadratického členu (lineární člen necháme nulový) odporové síly musíme spočítat její velikost porovnáním Newtonova vztahu a vztahu pro odporovou sílu, kterou používá aplikace Algodoo:

$$\frac{1}{2}CS\rho v^2 = \frac{1}{2}C\frac{\pi D^2}{4}\rho v^2 = Dkv^2$$

C představuje součinitel odporu, S maximální průřez tělesa kolmo ke směru pohybu, ρ hustotu prostředí, v rychlost pohybu a D průměr tělesa kolmo ke směru pohybu (který Algodoo určuje z velikosti vytvořeného objektu). Z předchozího vztahu lze vypočítat konstantu k , kterou potřebujeme zadat do aplikace (při zadání konkrétních hodnot v základních jednotkách) jako:

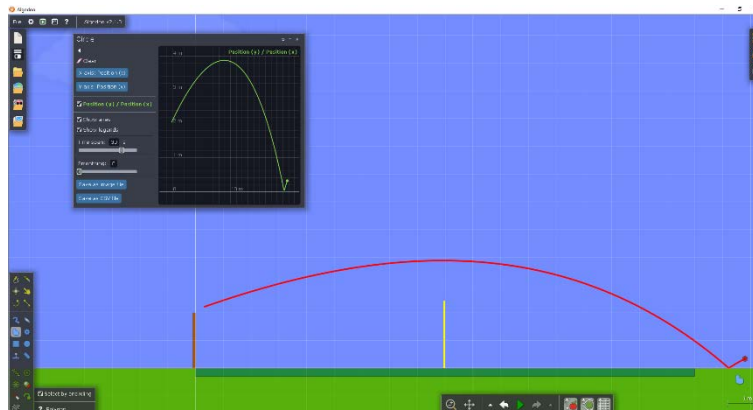
$$k = \frac{C\pi D\rho}{8} = \frac{0,48 \cdot \pi \cdot 0,0045 \cdot 1,3}{8} \doteq 0,0011$$

Po spuštění simulace vidíme z grafu, že reálný dostřel při zadaném elevačním úhlu je pouze okolo 141 m a můžeme samozřejmě také zkoumat, pro který úhel bude reálný dostřel se započítáním odporu prostředí největší.

Volejbalové podání

Další simulace **volejbal** je podobná předchozímu příkladu se vzduchovkou a lze ji například zadat žákům jako samostatný úkol, ve kterém mají zjistit, jakou největší rychlostí a pod jakým úhlem je potřeba odpálit volejbalový míč při podání, aby těsně minul síť a dopadl přitom ještě na hřiště. Společně zadány jsou přitom délka hřiště,

průměr a hmotnost míče a poloha, ze které je míč odpalován. Pokud budou žáci vytvářet simulaci sami, je potřeba jim poradit, že objekt, který nemá být ovlivněn nárazy jiných objektů (bariéra značící síť, hřiště, objekt pro počáteční umístění míče) lze připevnit k pozadí (případně k pod ním ležícímu objektu) nástrojem *Fixate* z panelu zelených nástrojů v levém dolním rohu.

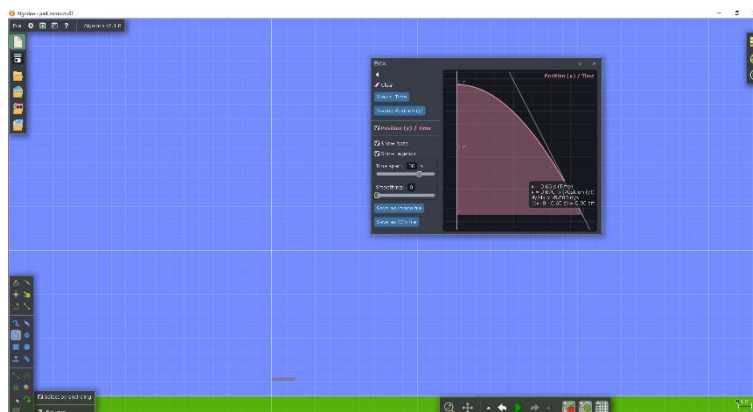


Obr. 8. Hřiště i síť jsou znázorněny úzkými pevně přichycenými obdélníky.

Samotné použití simulace potom spočívá v nastavování dvou nezávislých parametrů (počáteční rychlosti a elevačního úhlu míče), aby byla rychlost míče maximální, ale míč ještě dopadl do hřiště. Pro nastavení nových parametrů je opět nejjednodušší použít vždy zpětnou šipku *Undo* k vrácení simulace do počátečního nastavení. Konstanta pro velikost odporové síly prostředí je spočítána stejně jako v předchozím příkladu se vzduchovkou, samozřejmě pro jiný průměr míče (20 cm).

Určení součinitele odporu prostředí

V předchozích dvou příkladech jsme vycházeli z tabulkové hodnoty součinitele odporu prostředí pro kulové těleso. Málokdy se přitom prakticky ukazuje, jak je možné hodnotu této konstanty experimentálně určit pro konkrétní těleso. Simulace nám nabízí jednoduchý nástroj, jak to provést bez složitého vybavení. Budeme měřit dobu pádu papírového kornoutu vystřiženého a slepeného podle šablony v příloze k tomuto příspěvku a porovnávat tuto dobu se simulací **pad_kornoutu**.



Obr. 9. Modelový kornout těsně před dopadem na zem.

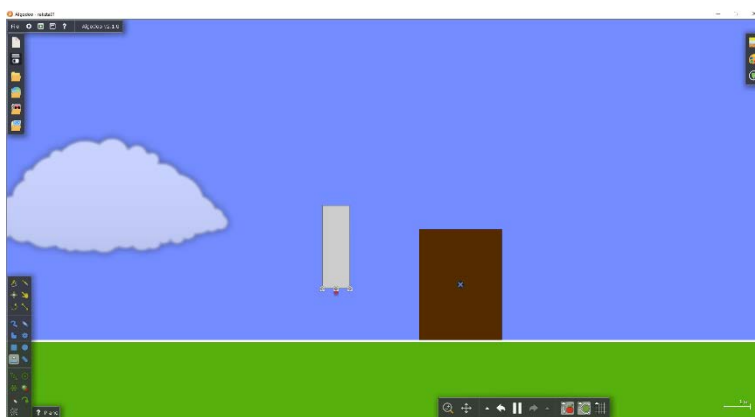
V simulaci je pro zjednodušení kornout nahrazen obdélníkovým objektem se stejnou šířkou, jako je průměr kornoutu (16 cm) a odpovídající hmotností okolo 2 g, kterou můžeme ověřit zvážení kornoutu a případně v simulaci upravit. Reálný kornout žáci vypustí z výšky 2 m (stejně jako v simulaci) a měří dobu letu (pro přesnější určení času je možné nasnímat pád kornoutu videozáznamem na mobilním telefonu a z počtu snímků ve videu přesněji určit dobu pádu). V simulaci potom nastavují takovou hodnotu konstanty k u kvadratického členu odporové síly, aby dosáhli přibližně stejné doby pádu určené z grafu závislosti výšky na čase. Hodnotu součinitele odporu pro kornout potom spočítají obdobně jako v předchozích příkladech ze vztahu:

$$C = \frac{8}{\pi D \rho} k$$

Za D přitom dosadí průměr kornoutu a za ρ hustotu vzduchu. Zjištěnou hodnotu mohou porovnat s tabulkovými údaji pro tělesa různých tvarů a diskutovat přesnost takového měření.

Raketa

Jiným způsobem jak zajímavě využít možností Algodo je zadání úlohy typu „pohár konstruktérů“. Jednoduchým příkladem je simulace **raketa**. Žáci dostanou za úkol vytvořit raketu (například v podobě obdélníkového objektu se zadanými rozměry a hmotností) a tu osadit raketovými motory s parametry dle svého uvážení. (Raketové motory se přidávají k objektům pomocí nástroje *Thruster tool* z panelu zelených nástrojů a po kliknutí na motor pravým tlačítkem myši můžeme nastavovat tahovou sílu a také klávesu, kterou se motor spouští.) Dále mají žáci za úkol ovládním motorů s raketou odstartovat a bezpečně přistát na vzdálené vyvýšené rovině. Pro mírné zkomplikování problému může být pod tlačítkem pro vliv prostředí v dolním ovládacím menu nastavena určitá rychlost větru, která ovlivňuje pohyb rakety.



Obr. 10. Raketa musí přistát tak, aby se nepřevrátila.

Příklad je překvapivě náročný na rozmyšlení a nastavení správných parametrů motorů, aby byla raketa alespoň částečně ovladatelná.

Jízda auta do kopce

Simulace **auto** představuje využití nástroje *Axle tool* z panelu zelených nástrojů, který funguje jako osa otáčení propojující objekty položené přes sebe, nebo spojené s pozadím.

Po kliknutí pravým tlačítkem myši na tento nástroj najdeme pod záložkou *Axles* navíc možnosti nastavení osy jako motoru s měnitelnou rychlostí rotace, momentu síly a nastavením ovládacích tlačítek. Jak je patrné z parametrů objektů, simulace auto představuje osobní automobil reálné hmotnosti a točivého momentu motoru (při použití prvního převodového stupně).



Obr. 11. Tvar automobilu by žáci určitě uměli vytvořit věrněji.

Po spuštění simulace se auto pomalu rozjede a můžeme zkoumat, jaký je maximální úhel kopce, do kterého vyjede při použitém reálném momentu síly motoru. Sklon kopce můžeme upravovat tažením za kopec myši se stisknutým pravým tlačítkem. Můžeme také zkoumat, jaký nejmenší součinitel smykového tření mezi koly a vozovkou je potřeba k vyjetí takového kopce bez prokluzování a podobně.

Raketový vozík

Simulace **raketovy_vozik** umožňuje například rychlé zkoumání Newtonova druhého pohybového zákona včetně grafického znázornění polohy a rychlosti vozíku v závislosti na čase.



Obr. 11. U tlačítka start lze nastavit rychlost simulace pro snazší sledování děje.

Libovolně lze přitom měnit například hmotnost vozíku (pozor, určitou hmotnost mají i kola) a tahovou sílu motoru. Přední osa je osazena motorem pouze s funkcí brzdy ovládané klávesou shift.

Závěr

Uvedené příklady samozřejmě ani zdaleka neukazují všechny možnosti využití simulačního prostředí Algodoo a funkcí, které umožňuje. Kromě mechaniky je aplikace velmi dobře využitelná také pro různé problémy z paprskové optiky díky možnostem nastavit optické vlastnosti objektů a pomocí nástroje *Laser pen tool*, který simuluje parsek světla různé vlnové délky. Některé možnosti využití v optice jsou popsány například v příspěvku Zbyňka Fišera [2]. Pro jednoduchost jsme také vytvářeli pouze objekty nejjednodušších tvarů. Ty lze téměř libovolně geometricky upravovat, takže potom objekty připomínají reálné předměty. Hezky je to vidět na velikém množství volně dostupných simulací (často koncipovaných jako jednoduché počítačové hry), které najdete ve složce *Algobox* v levém horním rohu. Podobné komplexnější simulace a hry s fyzikální tematikou se mohou žáci pokusit vytvořit v rámci samostatného domácího projektu, což představuje další možnost využití této aplikace.

Literatura

- [1] *Webové stránky aplikace Algodoo*. [cit. 30. 10. 2021]. Dostupné online: <http://www.algodoo.com/>
- [2] Fišer Z.: *Paprsková optika na magnetické tabuli a v programu Algodoo*. In: Sborník z konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 25. Ed.: V. Koudelková., P. Kácovský. MatfyzPress, Praha 2020. ISBN 978-80-7378-432-4. Dostupné online: https://vnuf.cz/2020/sbornik_VNUF_2020.pdf

Zvukné hračky

Dana Juchelková

Základní škola a mateřská škola Český Těšín Hrabina

Abstrakt

Výroba jednoduchých akustických hraček vhodných pro všechny věkové kategorie, od MŠ po SŠ, ale vlastně i na VŠ si můžete hrát a přidat k tomu vědu.

Jak přistoupit k akustice?

Na různých stupních škol přistupujete k výuce akustiky jistě různě. V mateřské škole a na prvním stupni si s akustikou spíš hrajete a využíváte ji k hudebnímu vzdělávání dětí. Od druhého stupně základní školy obvykle začínáme mluvit se žáky o vzniku zvuku, jeho šíření až po zachycení zvuku. Jak moc se zabýváte teorií, nevím. Já lehce a s chutí přecházím k praktickým ukázkám. Jako první obvykle rozkmitáme pravítko. Nečekaně. A tím zábava začíná. Žáky všech věkových kategorií (a mám to vyzkoušeno na malých dětech, dospívajících i dospělých) vydávání zvuků prostě baví a náležitě si jej užívají.

V následující části se pokusím osvědčené kousky představit. Nejsem jejich autorem, jen se je pokusím „nasypat“ na jednu hromadu a vy si vyberte. Pokud jsem při jejich používání ve výuce, nebo představování dospělým, narazila na nějaké vylepšení nebo úpravu, je to jako poznámka u hraček.

Brčková frkačka

Jestli si někdo myslí, že brčko slouží pouze k pití lahodných nápojů, velmi se mýlí a každý, kdo už aspoň trochu přičichl k pokusům z fyziky, to ví. Brčko je pro fyzikáře zdrojem nepřeborných možností. Proč jej tedy nepoužít k vytvoření zvuku a co všechno s ním lze zkoumat?

Pomůcky: brčko (lépe brčka různých tloušťek a délek), nůžky

Brčko na jednom konci „splácněte“. Tedy je potřeba jej přejet mezi nehty tak, aby z válcového tvaru vznikla co nejvíce placka (obdélník – matematici prominou). Pak tuto část zastříhnete do špičky podle obrázku 1. Všechna brčka na obrázku fungují.



Obr. 1. Brčková frkačka – zastřížení špičky.

Takto upraveným koncem vsuňte mezi rty a lehce stlačte. Zároveň začněte foukat do brčka. Pokud foukačka nevydává zvuk, doladíte tak, že lehce pohybujete brčkem tam a zpět a najdete polohu, ve které se začne ozývat frkačkový zvuk. Trocha trpělivosti a půjde to. Koukněte tady na video z Elixíru v Těrlicku: <https://youtu.be/TuYkpiUMxnE>

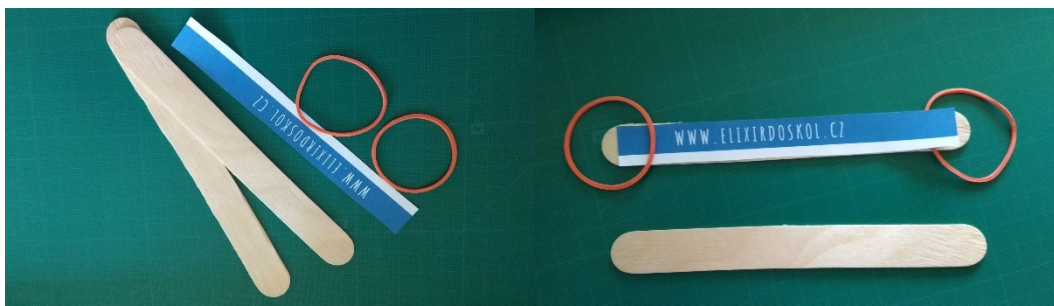
Poznámka: Pokud se touto zvuknou hračkou chcete zabývat trochu podrobněji, doporučuji vyzkoušet různé tloušťky a délky brčka. Já obvykle za foukání do brčka odstříhávám konec a tón se mění. Taky jsme vyzkoušeli brčka dlouhá 1 m, ale to chce pořádné plíce. Starší děti to zvládají, malé ne. Tam doporučuji, aby vyzkoušel někdo dospělý.

Špachtlová frkačka

Když už frkačky, tak proč nezkusit ještě k brčkové taky špachtlovou.

Pomůcky: 2 lékařské špachtle, proužek papíru, 2 gumičky, nůžky

Proužek papíru zastříhnete podle velikosti špachtle a dále postupujte podle obrázků.



Obr. 2. Špachtlová frkačka – jak nastavit gumičky.



Obr. 3. Špachtlová frkačka – zamotat gumičky.



Obr. 3. Špachtlová frkačka – takto by měla vypadat.

Na tuto frkačku se „hraje“ tak, že foukáte do úzké mezery mezi špachtlemi, kde zvuk vydává chvějící se papír. Pozor, u citlivějších jedinců dochází k prudké reakci na brnění rtů, velmi je to lechtá.

Poznámka: Špachtle je možné nahradit dřívkem od nanuku nebo podobnou špachtličkou, která se prodává ve výtvarných potřebách, ale nejlevnější varianta je, když si je koupíte v lékárně. Obvyklé balení je 100 ks za příznivou cenu asi 30 Kč. A opět při podrobnějším zkoumání zvuků z této frkačky je možné vsunutím párátko nebo sirky mezi špachtle ovlivňovat výšku tónu.

Čaringa

Když už máme po ruce špachtli, představme si zvukný nástroj australských kmenů Aborigines. Pro tyto domorodce představovala čaringa talisman, hudební nástroj, ale hlavně dorozumívací zařízení na velké vzdálenosti. Bývala ze dřeva nebo taky z kamene. Ukázka použití „telefonování“ v buši je ve filmu Krokodýl Dundee, kde ji Mick používá k volání kamarádům: <https://www.youtube.com/watch?v=1tvreQ3hTvA>

My si ukážeme levnou variantu pro školní použití – z lékařské špachtle.

Pomůcky: špachtle, provázek (nit), tavná pistole nebo něco k vyvrtání dírký do špachtle.

Ustříhněte si asi 0,75 m až 1 m provázku. Na jeden konec špachtle jej přilepte tavnou pistolí. Případně můžete zvolit variantu s vyvrtanou dírkou a pak provázek protáhnout a přivázat (viz obrázek 4).



Obr. 4. Čaringa – připevnění provázku.

Pak už stačí jen čaringu roztočit podle vzoru Micka Dundeeho, tedy vedle těla. Ale můžete zkusit i nad hlavou. Jen pozor, abyste měli kolem sebe dost místa. Pokud budete dělat s dětmi, je to vcelku bezpečné. Když někoho čaringa praští, nic vážného se obvykle nestane. Je to lehké, ale přesto děti upozorněte, že pokud budou chtít točit, je dobré mít dost místa, aby se provázek nezamotal. Jakmile „dozvučíte“, nechte čaringu volně viset, provázek se potřebuje odtočit zpět. Pak teprve můžete namotat na špachtli a uložit.

Poznámka: Lépe se mi osvědčila pevná nit než provázek. Pokud použijete provázek, neměl by být moc splétaný, pak se zamotává po zastavení čaringy, ale přesto funguje. Další

vylepšení vzešlo přímo z dílny v Praze, kdy účastníci vyzkoušeli na druhý konec špachtle namotat gumičku jako závaží a zvuk čaringy získal na síle (viz obrázek 5). Takto upravené od té doby používám, ale vždy nejprve nechám vyrobit a rozezvučet bez gumičky, aby byl slyšet rozdíl.



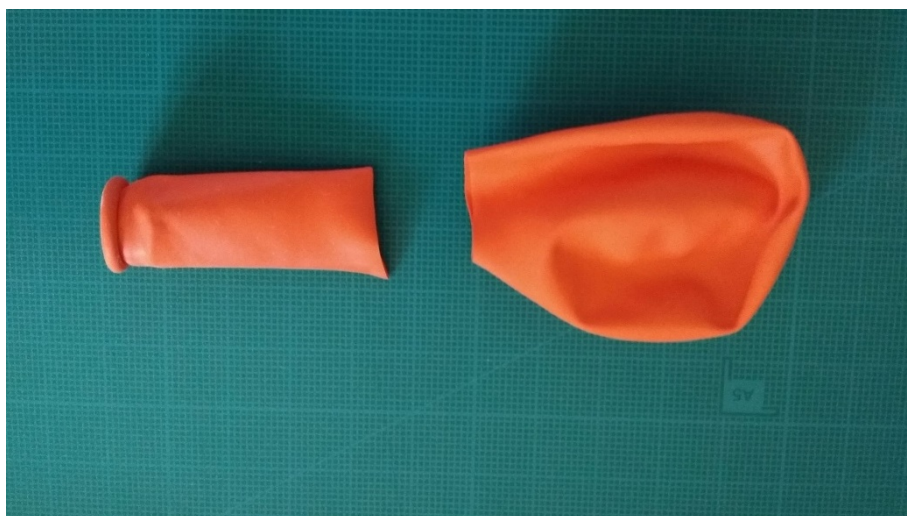
Obr. 5. Čaringa – závaží.

Bubínky z kelímků

Z Austrálie bychom se mohli přesunout blíž k Evropě, tedy zastavíme se v Africe a půjčíme si od místních kmenů bubínky Djembe. Samozřejmě je zase nahradíme levnější variantou. V tomto případě je základem bubínku doslova odpad. Tedy separovaný plastový odpad. Tedy kelímek od jogurtu. A zase můžeme vyzkoušet různé varianty velikostí a tvarů těchto kelímků. Jediné, co nás omezuje, je velikost chvějící se membrány na bubnu. V našem případě nafukovacího balónku.

Pomůcky: kelímek od jogurtu, nafukovací balónek, nůžky.

Balónek upravte tak, že mu odstříhnete zúženou část s kroužkem (viz obrázek 6). Pak jej navlékněte na kelímek, který tím vlastně zavíčujete – obrázek 7.



Obr. 6. Balónek – odstřížení.



Obr. 7. Bubínek – navlečení balónku.

Pak už stačí začít bubnovat. Pokud se vám zdá, že zvuk není výrazný, můžete použít třeba tužku jako „paličku“.

Poznámka: Vyzkoušejte různé tvary a velikosti kelímků. Při navlékání balónků na kelímky je výhodná spolupráce dvou lidí. Jeden drží kelímek, druhý roztáhne balónek a navleče. Taky nedoporučuji vyhazovat zbylý kousek balónku s kroužkem, slouží jako další z řady frkaček a je na něm možné ukázat změnu zvuku při napínání gumy. Používám pro vysvětlení fungování hlasivek.

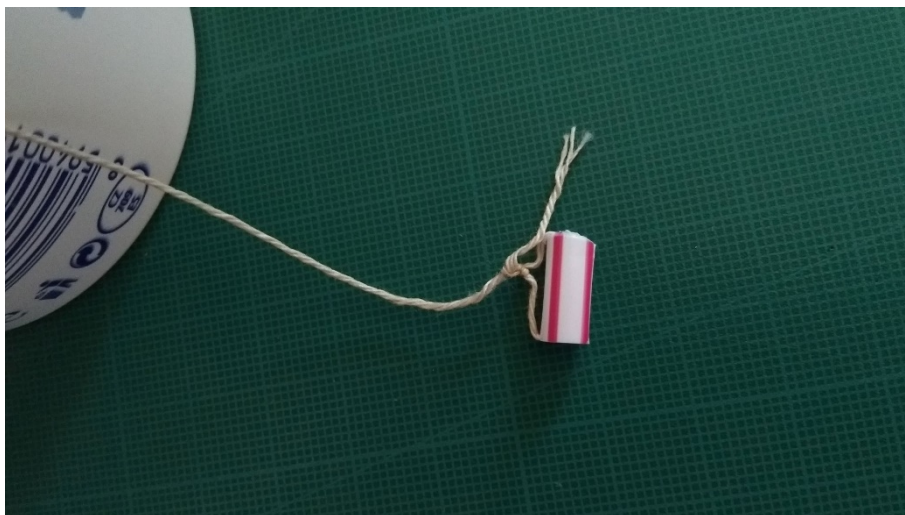
Famfrnoch

Už jsme konečně v Evropě a co více, jsme doma, v Česku. Tedy půjčíme si hudební nástroj z Chodska. Jmenuje se famfrnoch. Býval obvykle z hliněného hrnce nebo plechovky. Plechovku bychom mohli použít, ale zůstaneme u odpadků plastového původu.

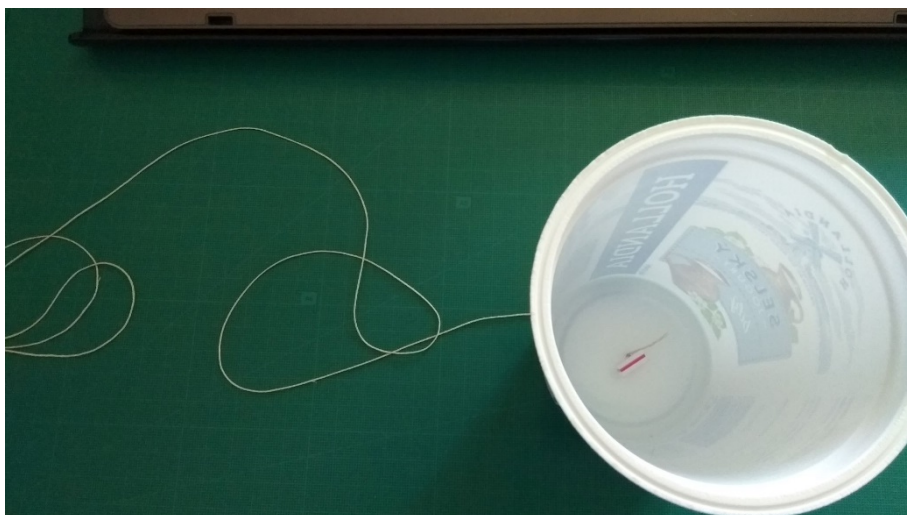
Pomůcky: kelímek od jogurtu, 0,5 m až 0,75 m provázku, nůžky, 1 cm odstřížek brčka, šídlo nebo něco, čím uděláme do dna kelímku díрку, papírový kapesník (utěrka)

Začneme kelímkem. Do dna je potřeba udělat díрку pro provlečení provázku. Já to dělám nahřátým hřebíkem, ale je to možné i šídlem nebo nějakým bodcem. Taky by to šlo vrtačkou. Jen tím horkým hřebíkem, který držím v kleštích a nahřívám na lihovém kahanu, to jde rychle a přesně. Zvládnou udělat třídě dětí během pár minut.

Pak zbývá provléknout provázek nebo pevnou nit dírkou ve dně a na „vnitřní“ konec uvázat kousek brčka. Stačí takový 1 cm dlouhý koneček, který zajistí, že se provázek i po silném zatáhání nevyvlíkně (obrázek 8).



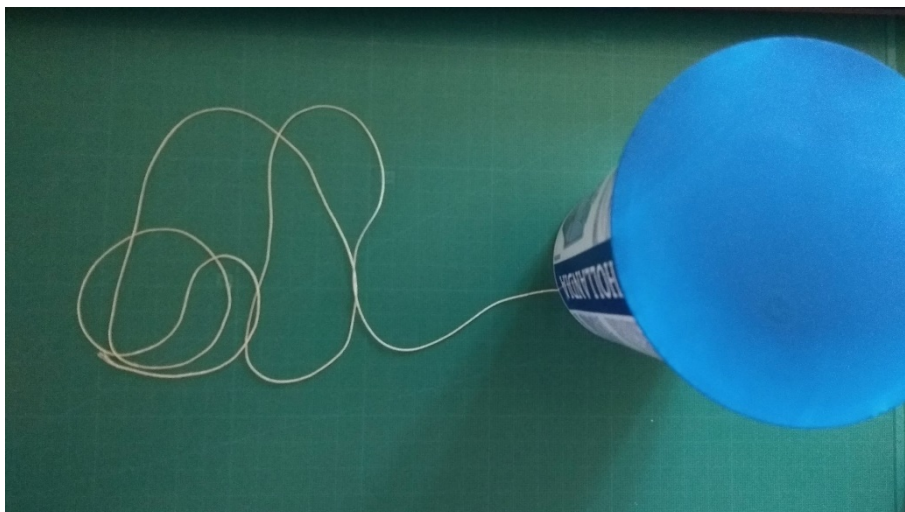
Obr. 8. Famfrnoch – uvázání provázku.



Obr. 8. Famfrnoch – hotovo.

Pokud už provázek i po zatahání drží, můžete se pokusit na famfrnoch zahrát. Jak na to? Vezměte si papírový kapesník nebo utěrku a navlhčete ji. Pak přes mokré papírový kapesník mezi ukazováčkem a palcem pevně stiskněte provázek, který visí ode dna famfrnochu, a zatáhněte. Ozve se zvuk. POZOR! Nezkoušejte suchými prsty rovnou po provázku, hrozí spálení prstů, a to bývá bolestivé. Vždy musí být mezi provázkem a prsty mokro.

Poznámka: Zvuk, který famfrnoch vydává, bývá strašidelný. Když budete při tahání za provázek různě pošukávat, skřehotání se zhorší a rozhodně se nedoporučuje v noci. A ještě jedno vylepšení, které přišlo od účastníků dílny v Praze. Zvuk se razantně zesílí, pokud na kelímek navléknete balónek z bubínků z předchozí části – obrázek 9.



Obr. 8. Famfrnoch – zesilovač.

Bobotubes

Odpadky jsou častým zdrojem nápadů na pomůcky do Fyziky. V tomto případě to šlo ještě dále. Tento nástroj není jen z odpadků, ale dokonce z odpadních trubek. Tady už se jedná o skutečný hudební nástroj s konkrétními tóny a přijdou si tak na své ti šťastnější z nás, kteří mají hudební sluch. My ostatní to máme jako další učební pomůcku s možností teoretického přesahu a navázání mezipředmětových vztahů s hudebníky.

Pomůcky: odpadní trubka šedá (HT DN32 nebo DN40), barevné papíry, pilka na novodur (může být na kov)

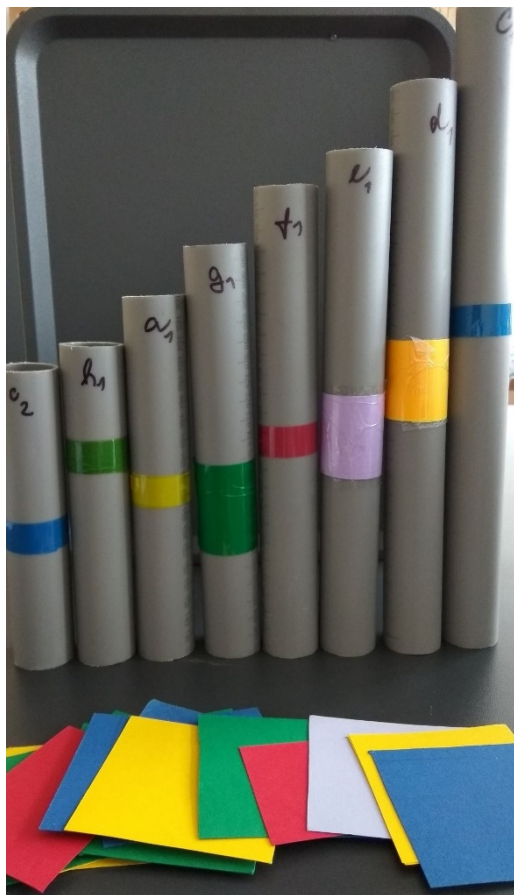
Tuto pomůcku si, pravděpodobně, vyrobíte jednou a pak už používáte. Pokud máte hudební sluch, je náročnější na přesnost. Trubky je potřeba nařezat na správné rozměry. Při rozměřování je dobré pamatovat na to, že nějaký materiál se „ztratí“ při řezání. Říká se prořez. Tabulka jednotlivých délek je na obrázku 9.

tón	délka trubky (mm)	frekvence (Hz)
C1	328	262
D	290	294
E	258	330
F	243	349
G	216	392
A	193	440
H	170	494
C2	159	523

Obr. 9. Bobotubes – tabulka délek.

Trubky na Bobotubes se prodávají v každém hobby marketu nebo stavebninách. Pokud chcete pro menší děti, je dobré pořídit si trubky s průměrem DN32, protože se v malých rukou dobře drží. Princip hraní spočívá v plácání dlaní do hrdla trubky a malá dlaň tuto úzkou trubku snadno „zacpe“. Pro větší děti je možné použít běžnější typ DN40. Řeznou hranu trubky musíte zabrousit, aby neměla otřepy a neporanila dětem dlaně.

Jakmile budete mít nařezáno a začištěny okraje trubek, označte je barevně, aby se vám dobře hrálo. Nastříhejte barevné papíry jako karty, které dětem ukazujete, aby věděly, kdy a kdo zrovna má hrát. Ještě je dobré si barevně označit tóny v notovém záznamu písničky a pak už se pusťte do muzicírování (obrázek 10).



Obr. 10. Bobotubes – hotové trubky.

Poznámka: Je rozumné vyrobit rovnou několik sad Bobotubes tak, aby si zahrála celá třída (obrázek 11).



Obr. 11. Bobotubes – sady pro třídu.

Bzukaľ školní

O tomto fenoménu posledních akustických let bylo sepsáno mnoho. Je nemálo kabinetů Fyziky, kde se natrvalo zabydlel, je mnoho domácností, kde sdílí čestné místo s ceněnými školními úlovy. Přesto anebo možná právě proto se dostal i do tohoto výčtu zvukových hraček. Asi bych nespočítala, na kolika Bzukaľech jsem se při jejich výrobě podílela, ale ve stovkách to určitě bude a úspěch měli vždy:

<https://www.youtube.com/watch?v=HoHNfln8A2U>.

Protože návod je volně ke stažení na webu [1], tak se tady nebudu podrobně zmiňovat o jeho výrobě. Snad jen několik poznámek a postřehů.



Obr. 12. Bzukaľ školní – rodina pohromadě.

Poznámka: Provázek musí být opravdu pevný. Nenápadný kolíček, ale po chvíli točení je schopen provázek přetrhnout. Pokud bzukaľ přestane bzukať, opravte balónkovou gumičku, bývá přetočená, případně po čase unavená a potřebuje vyměnit. Je dobré vyrobit si aspoň dva Bzukaľy a to tak, aby každý měl jinou barvu gumičky. Když začínám

dětem ukazovat a vysvětlujeme si, jak to vlastně funguje, barva balónkové gumičky se hodí. Pokaždé se najde někdo, kdo si myslí, že bzuká jinak, protože má jinou barvu.

Trumpeta na hokej

A už jsme zase na cestách. Tentokrát jih Afriky a jejich vuvuzela nebo ještě dále v Austrálii a tamní didgeridoo. Zkrátka pokud chcete fandit nebo si hrát na parník, hodí se k tomu plechovkovo – PETková trubka. Taková vuvuzela po fyzikářsku.

Pomůcky: plechovka od piva (0,5l), PET lahev (0,5l), nafukovací balónek, izolepa, nůžky, odlamovací nůž, kleště (kombinačky).

Plechovku je potřeba „otevřít“. Tedy nejen pro vyprázdnění, ale doslova odstranit víčko. Dělá se to dobře kleštěmi. Nemusí to být přesné ani krásné, jen nesmí plechové kusy trčet nad plechovku. Prostě jí zvětšíte otvor (obrázek 13).



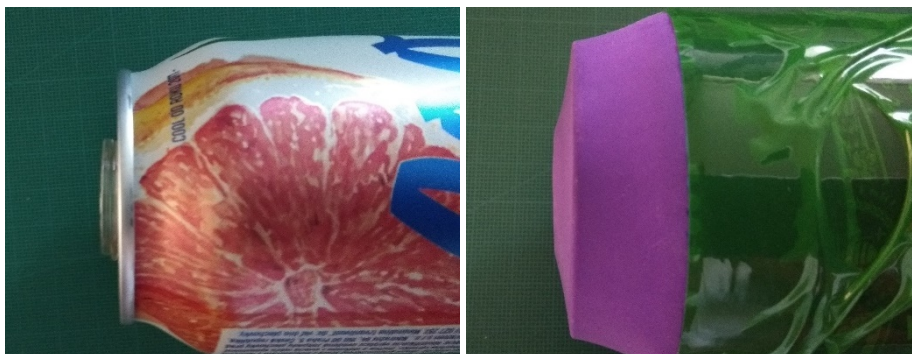
Obr. 13. Trumpeta – zvětšení otvoru v plechovce.

Pak plechovce i PET lahvi musíte odříznout dno. Plechovce může být odříznutý větší kus, nejen dno tak, aby PET lahev po zasunutí hrdlem do plechovky stále trčela ven (obrázek 14).



Obr. 14. Trumpeta – odříznutí dna.

Přes okraj plechovky přetáhněte balónek, kterému jste odstříhli konec jako u bubínku (viz výše). Balónek zajistěte izolepou. Teď je potřeba dobře pohlídat, aby hrdlo PET lahve trčelo z plechovky tak akorát. Má přesahovat přes okraj plechovky o pár milimetrů a napínat tak balónek. Musí přesahovat, ale ne moc.



Obr. 15. Trumpeta – přesah hrdla PET přes plechovku.

Pokud to budete mít jako na obrázku 15, zajistěte PET lahev proti posunutí tak, že ji k plechovce přilepíte izolepou. Tam, kde jste plechovce ustříhli dno. Zároveň byste měli mít tímto i utěsněn prostor mezi plechovkou a PET lahví. Vzduch, který pak budeme do meziprostoru foukat, by tak neměl mít jinou možnost než unikat hrdlem PET lahve poté, co nadzvedl balónek. Jen kudy do plechovky foukat? Řezátkem nebo nůžkami udělejte díru přes izolepu do balónku a plechovky. Jen pozor, abyste neprorazili i PET lahev. Kontrolujte to pohledem dovnitř. Kam díru umístit vidíte na obrázku 16.



Obr. 16. Trumpeta – hotovo i s dírou.

No a už stačí se do toho pořádně opřít a zafoukat do díry. Vámi foukaný vzduch nemá kudy jinudy unikat. Nezbyvá mu jiná cesta než napnout balónek a snažit se utéct hrdlem PET lahve. To se podaří, ale tím se balónek opět „přilepí“ k hrdlu a vzduch nemá kudy, tak nafoukne balónek, který propustí vzduch, ale tím se zase k hrdlu přitiskne, ...

Poznámka: Hlavně nevzdávejte, pokud hned nezvučíte. Zkuste zvětšit díru v plechovce nebo v balónku. Občas se stane, že u uříznutých konců uniká vzduch a je potřeba utěsnit. Ještě na jednu věc si dávejte pozor. Hlasitost zvuku z této trubky může dosahovat hranice 100 dB, takže pozor na to, vedle koho a jak blízko stojíte, abyste neublížili bližnímu.

Píšťalka OMNIA

Jako fanoušci už jsme na sportovním zápase byli, tedy mohli bychom jít s trumpetou. Ale co když budeme muset suplovat rozhodčí? Pravidla daného sportu vás nenaučím, ale pokud vám chybí v kabinetu píšťalka, na to mám řešení. Píšťalku si můžeme koupit. To je nuda. Píšťalku si můžeme vytisknout na 3D tiskárně. To není nuda, ale taky to není ono. Někteří namítnou, že nemají 3D tiskárnu. Já už ano, můžu „machrovat“. Ale nebyla by to fyzikální dílna, kdyby neměla levné alternativní řešení.

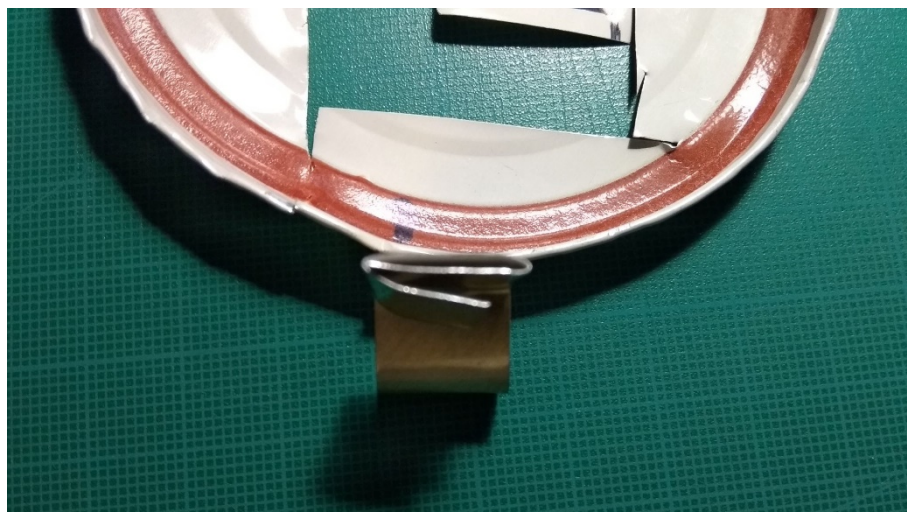
Pomůcky: zavařovací víčko OMNIA (na 0,7l sklenici), nůžky, permanentní fix, pravítko (není nutné)

Na víčko zevnitř si nakreslete velké písmeno L. Pak nůžkami vystříhněte. Jde to snadno, i děti to zvládnou svými nůžkami.



Obr. 17. Píšťalka – nakreslené a vystřižené L.

Kratší část písmene L (tu kratší nožičku) přeložte přes delší a ještě jednou. Jako byste chtěli tou kratší zabalit konec té delší (obrázek 18).



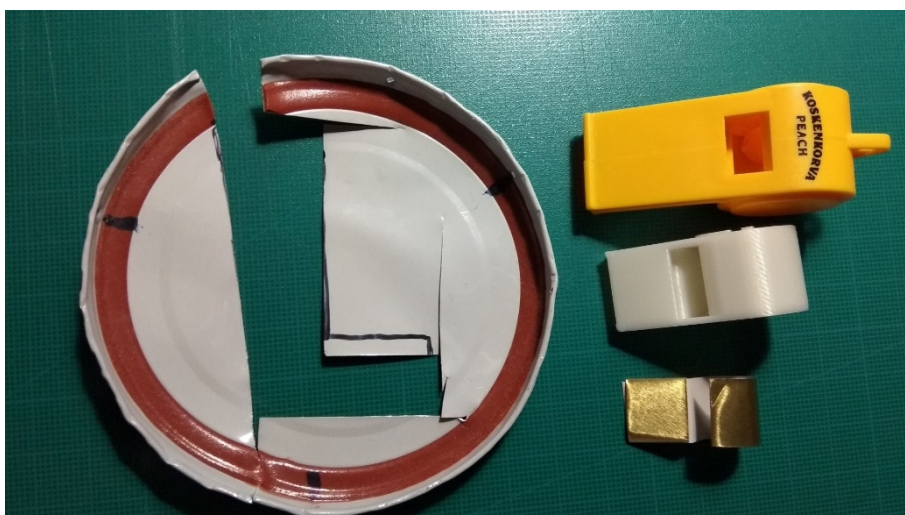
Obr. 18. Píšťalka – zamotání kratšího konce kolem delšího.

Pak zbytek delší nožičky L vytvarujte do tvaru obvyklé píšťalky, jen bez bočních stran (obrázek 19).



Obr. 19. Píšťalka – vytvarování píšťalky.

No a už stačí boční strany udělat tak, že píšťalku uchopíte mezi palec a ukazováček. Těmito prsty ucpete případný únik vzduchu a už zbývá jen doladit mezeru mezi náustkem s tělem píšťalky a pískat.



Obr. 20. Píšťalka – podobnost čistě náhodná.

Poznámka: S píšťalkou je potřeba se trošku naučit pískat. Lépe napsáno musíte se ji naučit držet tak, abyste prsty ucпали boky a zároveň udrželi škvíru, která vlastně ovlivňuje, jestli zapískáte nebo ne. Pokud se to podaří, má píšťalka velmi příjemný zvuk. OMNIA víčka jsou levná, a hlavně se dají stříhat obyčejnými nůžkami. Takže samá pozitiva.

Fyzikářovy dudy

Název tohoto nástroje obvykle vzbudí úsměv. Nevím, čím to je. Podstatnou část nástroje tvoří opět odpad. Tedy zbytek po kuchyňských utěrkách. Tento nástroj je velmi jednoduchý na výrobu, a přitom velmi efektní po stránce zvukové a také velmi efektivní pro vysvětlení vzniku zvuku. Tady je zvuk přímo vidět.

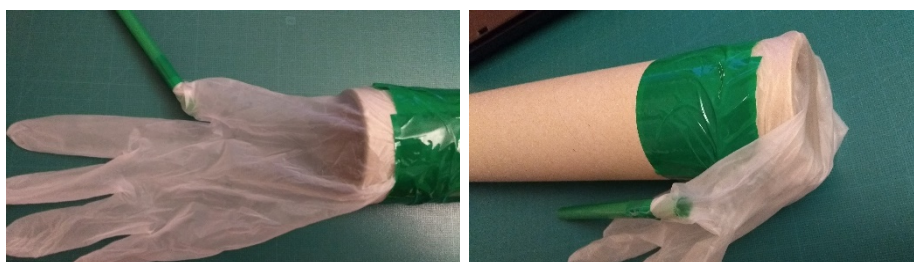
Pomůcky: rolička od kuchyňských utěrek, jednorázová gumová rukavice, brčko, nůžky, izolepa.

Když tvrdím, že je to nástroj jednoduchý na výrobu, nelžu. Opravdu stačí vzít roličku od kuchyňských utěrek a k ní izolepou přilepit gumovou jednorázovou rukavici (obrázek 21).



Obr. 21. Fyzikářovy dudy – přilepení rukavice.

Pak ustrihnete na rukavici špičku palce a vložíte do něj brčko, které k rukavici také přilepíte izolepou. Jediné, na co si dáte pozor je, aby vše těsnilo. Rukavice k trubce (roličce), brčko k rukavici (obrázek 22).



Obr. 22. Fyzikářovy dudy – přilepeno a připraveno ke hraní.

Hrát na tyto dudy je snadné, ale potřebujete obě ruce a pusu. Do pusy vsunete brčko. Jednou rukou držíte roličku, druhou rukavici za prsty tak, že taháte směrem dolů. Do brčka, které máte stále v puse, foukáte a nafukujete rukavici. To se vám podaří, pokud je rukavice přes hranu roličky. Pak už jen pohybem rukavice směrem nahoru a dolů (jen malinko), regulujete množství unikajícího vzduchu a tedy troubení. Chvění rukavice na horní hraně roličky je viditelné a snadno se dětem vysvětluje, že zvuk vzniká chvěním (tedy kmitáním).

Poznámka: Pokud máte přístup k trubkám, na kterých je dodáván papír pro plotery a průběžné tiskárny (projekční kanceláře, tiskárny, fotolaby, ...), můžete raději využít je. Jsou pevnější a neohýbají se jim hrany.

Basový reproduktor

A teď něco pro mládež, která ráda poslouchá hudbu. Hudba z mobilu bývá ochuzena o basový rozměr. Reproductory v mobilu jsou častěji pro hudbu spíš taková výšková „šumítka“. Pokud si chcete užít hudbu i s basy, stačí si dát po cestě do práce dvě kávy z automatu a najít jednu zbylou roličku od kuchyňských utěrek z minulé hračky.

Pomůcky: 2 kelímky od kávy (lepší větší, papírové), rolička od kuchyňských utěrek, odlamovací nůž, tužka nebo fix

Výroba je snadná. Na kelímky nakreslíme budoucí otvor podle průměru roličky. Otvary vyřízneme. Zkusíme nasunout kelímek na roličku. Pokud jde, je vyhráno, pokud ne, zvětšíme lehce otvor, ale tak, aby kelímek držel a nepadal. Totéž provedeme s druhým kelímkem (obrázek 23).



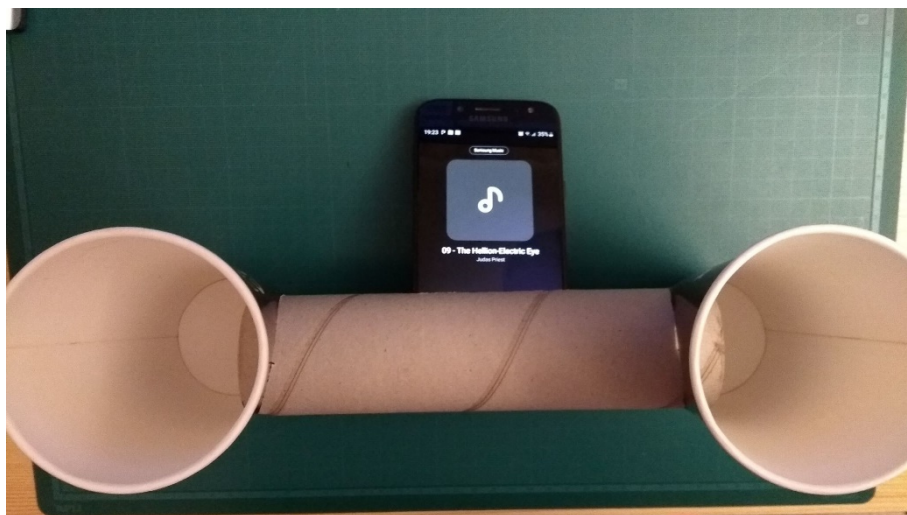
Obr. 23. Basový reproduktor – kelímky nasunuty.

Pak doprostřed roličky obkreslíme spodek mobilního telefonu. Budeme jej vsunovat do roličky jako do stojánek. Pokud máme obkresleno, vyřízneme otvor a vyzkoušíme, jestli jde mobil zasunout (obrázek 24).



Obr. 23. Basový reproduktor – zářez pro mobil.

Teď už jen najít správnou hudbu a jde se na to.



Obr. 24. Basový reproduktor – hotovo.

Poznámka: Doporučuji vyzkoušet – nejprve pustit hudbu z mobilu bez našeho basového zesilovače a v průběhu skladby vsunout a pozorovat rozdíl. Bývá obvykle nejen v hudbě, ale i na obličeji majitele mobilu, případně posluchačů.

Telefon

Na závěr jsem si nechala kelímkový telefon. Ten snad zná každý, ale sem určitě patří. Zvláště pokud vyzkoušíte konferenční hovor.

Pomůcky: 2 stejné kelímky, dlouhý tenký provázek (nit), 2 kousky brčka, něco na díрку v kelímku

Do dna kelímků uděláte díрку. Postup na dírký jsme řešili u Famfrnochu výše. Provlékneme provázek a navážeme 1 cm brčka (viz Famfrnoch). Provázek při telefonování musí být napnutý a dost dlouhý na to, abyste neslyšeli kolegu přímo, ale z kelímku. Konferenční hovor se dělá přehozením druhého telefonu přes váš.



Obr. 24. Telefonní hovor – spojení se navazuje.

Zkuste, kolik hovorů se podaří spojit. Dva jdou snadno. Další je dobré vyzkoušet a odladit. Hezkou zábavu.



Obr. 25. Telefonní hovor – už se telefonuje.

Závěr

Samozřejmě je ještě mnoho zvukových hraček a „udělátek“, které je možné používat ve výuce. Vždyť i lžička na niti, se kterou se klepne o stůl a nit nám k uším „donese“ zvuk, stojí za to. Nebo ladička, která rozstříká vodu po blízkém okolí a ideálně i po žácích v prvních lavicích, případně kratochvíle zvaná zvukové pexeso jsou taky fajn. Pro práci se zvukem se dá využít i počítač a na něm třeba programy Audacity nebo Soundcard Scope. Bylo by to na knihu, a ne na příspěvek do sborníku. Tady jsem se pokusila vybrat své oblíbené kousky, které používám jak ve výuce akustiky, tak jako motivační pokusy na začátku školního roku v šestém ročníku nebo pokud mám suplovat hudební výchovu, případně v kroužku na prvním stupni. Prostě osvědčenou klasiku, kterou kdykoliv, kdekoliv popadnu a vím, že nezklame. Doufám, že se budou hodit i vám. Hezké muzicírování.

Literatura

- [1] *Bzuka školní - návod*. [cit. 31. 10. 2021]. Dostupné online:
<https://elixirdoskol.cz/files/200000722-a2688a3622/Bzuka%C5%A1koln%C3%AD%20-%20n%C3%A1vod.docx>

Čtvero ročních období

Květa Kolářová¹, Lenka Kramářová²

¹ZŠ s RVMPP Buzulucká, Teplice; ²Gymnázium Brno, Vídeňská

Abstrakt

Roční období – něco, co všichni důvěrně známe, co máme rádi. Každý má nejspíše v oblíbené jiné, ale všechna nás mohou inspirovat třeba jako Antonia Vivaldiho k napsání houslových koncertů nebo jako Alfonse Muchu k namalování série obrazů. K čemu by však mohla inspirovat fyzikáře? Stejně jako Duo KoKr, k sestavení pásma pokusů, připomínajících některé z nich. Na dílně si pokusy vyzkoušíte, jiné prohlédnete a něco také odnesete sebou.

Co můžete očekávat?

Dílna je složena ze známých i méně známých pokusů, na které stačí běžně dostupné pomůcky. Jednotlivé pokusy navozují atmosféru daného ročního období, nějaký děj připomínají nebo vysvětlují. Pokusy jsou z různých oblastí fyziky a lze je do výuky jednoduše zařadit. Spoustu z nich nejspíše také provádíte, nejsou naše původní, našly jsme je na internetu či na různých školeních a jen jsme je zasadily do jiného rámce.

Z praktických důvodů (jak sami poznáte) začínáme dílnu stejně jako kalendářní rok zimou. Následně projdeme jednotlivá období - jaro, léto, podzim – a zakončíme „nejkrásnějšími svátky roku“...

V každém ročním období naleznete jeden stěžejní pokus a několik pokusů doprovodných. Víme, že je možné zařadit velké množství pokusů, vybraly jsme však jen několik. Dílnu chápeme jako námět na různé školní akce (akademie, dny otevřených dveří, malé tandemy apod.). Pokusy lze libovolně obměnit, doplnit či vyměnit – záleží na vaší fantazii a možnostech.

Seznam použitých experimentů:

Zima

- Z1 – leduláci
- Z2 – zmrzlina
- Z3 – sněžítko 1
- Z4 – sněžítko 2

Jaro

- J1 – tání vosku
- J2 – kytičky ze rtěnky
- J3 – had na drátě

Léto

- L1 – nauč modelínu plavat
- L2 – karteziánek z rukavice
- L3 – tornáda – v lahvi a ve sklenici
- L4 – ohnivé tornádo

Podzim

- P1 – brčkové házedlo
- P2 – vírník nažka
- P3 – propichování brambory

„Vánoční pokus“

- V1 – adventní svíčky

Popis experimentů:

Zima

Z1 Leduláci

Pomůcky:

3 nafukovací balonky, podnos nebo nízký pekáč, sůl, potřeby na zdobení (odstřížky filce, nalepovací očka, bambulky, knoflíky, alobal, špejle apod.)

Postup:

Jeden až dva dny předem napustíme do nafukovacích balonků z kohoutku vodu (nejlépe tak, abychom dostali 3 velikosti koulí), balonky zavážeme a vložíme do mrazáku. Pozor při zavazování, aby vám voda z balonků nevystříkla.

Stavba leduláka: Zmrzlé ledové koule vyjmeme z balonků (balonky zničíme) a stavíme na podnose na sebe. Vršek koule posolíme a přitiskneme na ni kouli další: ještě jednou postup zopakujeme. Vznikne tak ledový „sněhulák“, kterého pak již dle vlastní fantazie dozdobíme. K připevnění ozdob opět použijeme sůl.



Obr. 1. Výroba leduláka.



Obr. 2. Hotový ledulák.

Z2 Zmrzlina

Pomůcky:

plastová miska, kovová miska (o menším průměru než plastová), vařečka, led, sůl, smetana na šlehání, cukr, různé příchutě (kakao, vanilkový cukr, ovoce či ovocná šťáva, ...)

Postup:

Plastovou misku naplníme do poloviny až do dvou třetin ledem a řádně jej osolíme. Do kovové misky nalijeme smetanu, osladíme a popřípadě přidáme nějakou příchutě či kousky ovoce. Misku vložíme do plastové misky s ledem tak, aby miska se směsí byla ledem co nejvíc obklopena. Tuhnoucí směs občas vařečkou zamícháme, dokud dostatečně nezhoustne, případně nezmrzne. Pak již jen „Dobrou chuť“.



Obr. 3. Zmrzlina chutnala :-)

Z3 Sněžitko 1

Pomůcky:

malá sklenička s víčkem (např. od přesnídávky či na koření, ...), figurka z kinder vajíčka či jiná malá figurka (sněhulák, zvířátko, domeček, stromeček, šiška apod.), tavná pistole, drobné třpytky, voda

Postup:

Do skleničky nalijeme vodu do výše cca 1 cm pod horní okraj a nasypeme třpytky. Na spodní stranu víčka tavnou pistolí připevníme figurku. Po zaschnutí víčko dobře zašroubujeme (můžeme jej opět tavnou pistolí utěsnit). Skleničku otočíme dnem vzhůru, zatřepeme s ní a již se můžeme dívat, jak třpytky „sněží“ na figurku.

Poznámka:

Sněžitko lze zařadit i do jiného ročního období. Záleží na tvaru třpytek, zda vyvoláte iluzi padajícího listí či okvětních lístků.



Obr. 4. Sněžíme...



Obr. 5. Co myslíš, dobrý?

Z4 Sněžítko 2 (elektrostatické)

Pomůcky:

papírová krabička s průhledným plastovým víčkem (lze ji i vyrobit ze čtvrtky či kartonu a pevnějšího obalu na papíry), papírové konfety (nebo papír a nůžky), vlněná látka, pastelky

Postup:

Na dno papírové krabičky nakreslíme obrázek (zimní krajina, „vánoční“ stromeček, zasněžená ulice apod.). Obrázek lze také vytisknout a do krabičky pouze nalepit. Následně do krabičky nasypeme konfety nebo z papíru nastříhané drobné kousky či vločky. Krabičku uzavřeme plastovým víčkem (které také ještě lze, pokud špatně drží, upevnit izolepou). Když víčko přetřeme vlněnou látkou, zelektruje se a přitáhne k sobě kousky papíru – v krabičce sněží.



Obr. 6. Elektrostatické sněžítko.

Jaro

J1 Tání vosku

Pomůcky:

zavařovací sklenice, horká voda, drát, barevný vosk

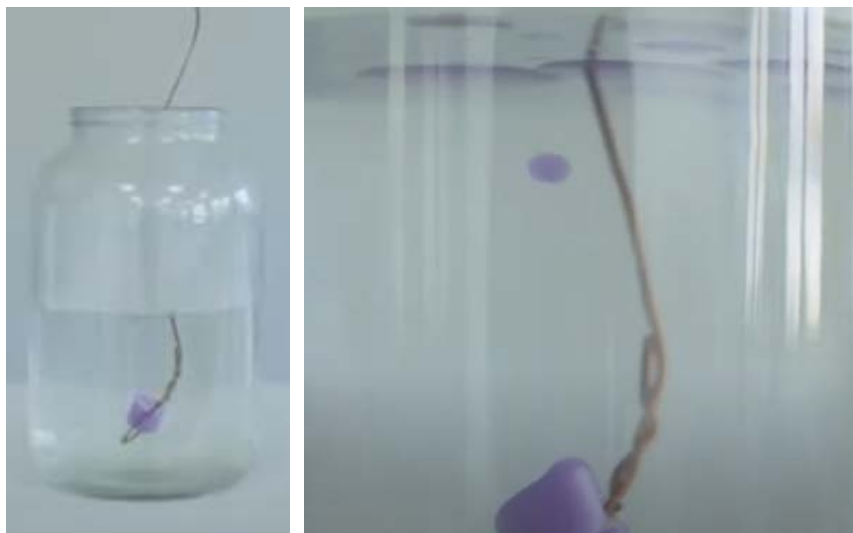
Postup:

Z drátu vytvarujeme držátko – na jednom konci jej ohneme do tvaru písmene L a na druhém konci stočíme do ploché spirály. Na první konec drátu napícheme barevný vosk (může být i bílý, ale barevný je lépe pozorovatelný). Taktéž doporučujeme vosk drátem i shora obtočit, aby nám brzy neodtál.

Zavařovací sklenici naplníme asi do tří čtvrtin vodu o teplotě cca 70 °C. Do vody ponoříme vosk napíchnutý na drátě a pozorujeme, jak postupně taje.

Poznámka:

Děti většinou překvapí nejen kulatý tvar kapek, ale i to, že kapky stoupají k hladině.



Obr. 7. Tání vosku.

J2 Kytičky ze rtěnky

Pomůcky:

obyčejné rtěnky (stačí levné za pár korun) různých barev, zapalovač, větší nádoba se studenou vodou

Postup:

Do nádoby nalijeme vodu z kohoutku. Otevřenou rtěnku držíme vodorovně nad hladinou vody a nahříváme ji plamínkem ze zapalovače. Rtěnka postupně odtává a odkapává na hladinu vody, kde opět ztuhne a vytvoří iluzi rozkvetlých květin.



Obr. 8. Kytičky ze rtěnky.



Obr. 9. Povedly se 😊

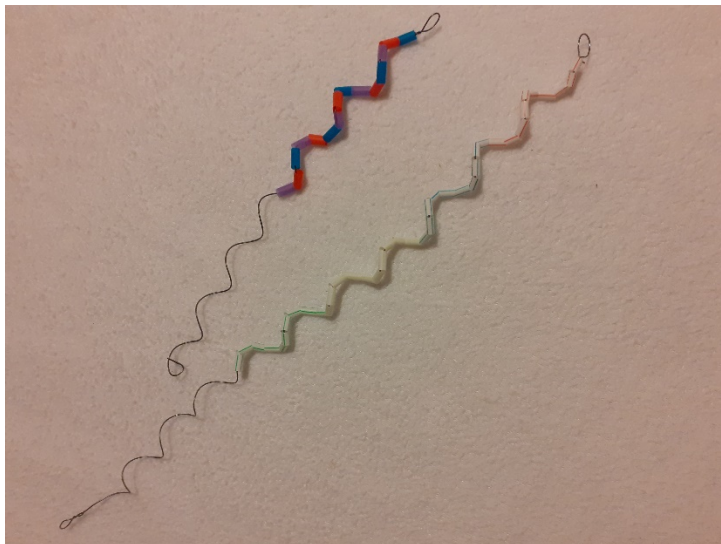
J3 Had na drátě

Pomůcky:

40–50 cm vázacího drátu o průměru 0,5–0,8 mm, různě barevná brčka (plastová či papírová), nůžky, nějaká kulatina o průměru 1–2 cm a délky cca 10 cm (např. lihový fix)

Postup:

Brčka nastříháme na malé kousky (o velikosti přibližně 0,5 cm). Vázací drát pevně navineme na kulatinu, čímž vytvoříme „hustou“ spirálu. Sejmeme ji z kulatiny a natáhneme. Na jednom konci vytvoříme očko. Na takto připravenou spirálu navlečeme kousky brčka tak, aby dosahovaly do jedné poloviny až do dvou třetin spirály. Očkem uzavřeme i druhý konec drátu. Pokud pak spirálu překloupíme, kousky brčka po ní kloužou z jednoho konce na druhý a vytvářejí iluzi plazícího se hada.



Obr. 10. Hadi na drátě.

Léto

L1 Nauč modelínu plavat

Pomůcky:

modelína, miska s vodou, kancelářské sponky

Postup:

Do misky s vodou vložíme modelínový váleček (či kuličku apod.). Klesne ke dnu. Úkolem je „naučit“ modelínu plavat. Tedy vytvarovat ji tak, aby se udržela na hladině. Vytvarujeme-li z ní mističku (= lodičku), máme úkol splněný. Můžeme dokonce vyzkoušet, jak velký náklad unese. Vkládáme do ní postupně kancelářské sponky. A můžeme soutěžit. Čí lodička jich unese více, vyhrává.

L2 Karteziánek z rukavice

Pomůcky:

Latexová (chirurgická) rukavice, kroužek na klíče, nůžky, lihový fix, PET lahev s vodou

Postup:

Z rukavice ustříhneme jeden prst, nakreslíme na něj fixem obličejík a vložíme do něj kroužek na klíče. Pozor – kroužek musí v rukavici dobře držet, nesmí vypadávat. Takto připravený karteziánek připomíná strašidýlko (ducha). Vložíme jej do připravené lahve

s vodou a lahev uzavřeme víčkem. Po stisknutí lahve se karteziánek pohybuje směrem dolů, po uvolnění směrem nahoru.



Obr. 11. Karteziánek z rukavice.

L3 Tornáda v lahvi a ve sklenici

Pomůcky:

2 stejné průhledné PET lahve (z toho jedna s vodou), přechodka na spojení lahví (nebo dvě víčka, vrták a lepidlo na plasty)

zavařovací sklenice s víčkem, voda, saponát

Postup:

Jednu PET lahev naplníme vodou (do které můžeme přidat i malý předmět, případně třpytky nebo barevný olej do lamp), našroubujeme na ni přechodku a druhou (prázdnou lahev). Soustavu uchopíme tak, aby plná lahev byla nahoře, krouživým pohybem roztočíme vodu uvnitř a sledujeme, jak se ve vodě vytvoří model tornáda. Když všechna voda přeteče, stačí soustavu převrátit a postup opakovat.

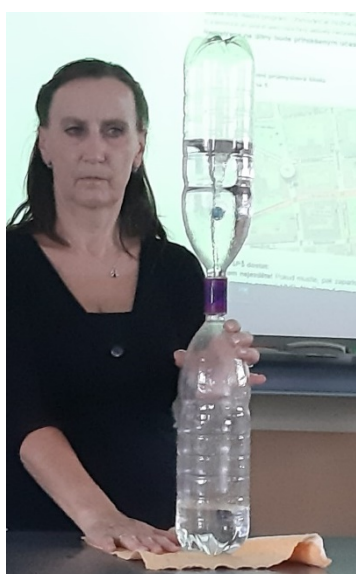
Druhé tornádo vyrobíte velmi snadno. Do zavařovací sklenice nalijete asi do čtyř pětín vodu, kápnete malinko saponátu a zašroubujete. Pak už jen stačí krouživým pohybem vodu ve sklenici roztočit.

Poznámka:

Přechodku můžeme použít průmyslově vyráběnou nebo si ji vyrobit sami. V tom případě slepíme k sobě dvě víčka z PET lahví a vyvrtáme do nich díru o průměru zhruba 0,5 cm. Vznikne tak válec, který má uprostřed své výšky přepážku s otvorem. V dnešní době je také možné si tuto přechodku vytisknout na 3D tiskárně.



Obr. 12. Přechodky ze 3D tiskárny.



Obr. 13. Tornádo v lahvi.



Obr. 14. Tornádo ve sklenici.

L4 Ohnivé tornádo

Pomůcky:

drátěný stojánek na tužky s otáčecím zařízením, mistička od čajové svíčky, kousek vaty, technický líh, špejle, zápalky

Postup:

Do mističky od čajové svíčky vložíme kousek vaty namočené v technickém lihu. Mističku umístíme do stojánu na tužky, vatou pomocí hořící špejle zapálíme a stojánek roztočíme. Plamínek z hořící vaty se zkroutí do víru a vystoupí i nad drátěný stojánek.

Poznámka:

Model ohnivého tornáda lze vytvořit také pomocí dvou půlválců (skleněných či plastových), které umístíme, částečně vyosené, nad hořící čajovou svíčku. Vytvoříme tak jakýsi komín s otvory. Mezerami mezi půlválci proudí dovnitř „komínu“ vzduch a roztáčí plamen svíčky.



Obr. 15. Ohnivé tornádo.

Podzim

P1 Brčkové házedlo

Pomůcky:

list kancelářského papíru, brčko, nůžky, izolepa

Postup:

Z kancelářského papíru ustříhneme po delší straně proužek 2,5–3 cm široký. Ze zbytku ustříhneme další stejně široký proužek, ale tentokrát podél kratší strany. Proužky rovnoběžně položíme na stůl a kolmo na ně položíme brčko. Proužky k brčku přilepíme izolepou. Následně slepíme oba konce kratšího proužku k sobě tak, aby vznikl kroužek. Totéž uděláme i s delším proužkem. Házedlo házíme menším kroužkem napřed.



Obr. 16. Výroba házedla.



Obr. 17. ... a letí.

Následující dva pokusy (P2 a P3) jsme v dílně již nestihli, přesto je pro úplnost rovněž uvádíme.

P2 Vírník nažka

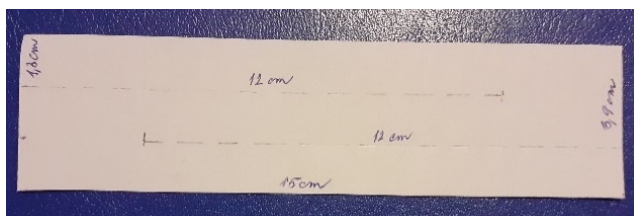
Pomůcky:

kancelářský papír, pravítko, tužka, nůžky, kancelářská sponka

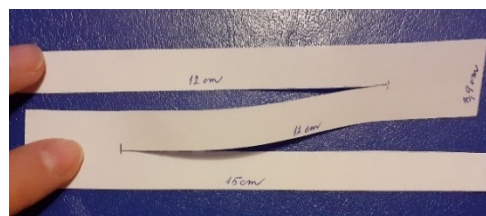
Postup:

Z papíru vystříhneme obdélníček o rozměrech 3,9 cm × 15 cm. Narýsujeme na něj rovné čáry, které jej podélně rozdělí na třetiny. Podle jedné čáry obdélníček nastříhneme, ale pouze do tří čtvrtin. Totéž uděláme podle druhé čáry, ale z druhé strany. Nastřížený obdélníček připomíná písmeno Z. Nyní uchopíme oba konce „písmena Z“, přiložíme je k sobě a sepne kancelářskou sponkou. Vírníček pouštíme z výšky kancelářskou sponkou dolů. Při pádu se nádherně roztočí.

Obr. 18 až 21. Postup výroby nažky:



Obr. 18.



Obr. 19.



Obr. 20.



Obr. 21.

P3 Propichování brambory

Pomůcky:

syrový brambor, brčko

Postup:

Nejprve se pokusíme brčkem propíchnout brambor jen tak. Jde to dost obtížně, pokud vůbec. Po té brčko na konci ucpeme prstem a bodneme jím do bramboru znovu. Brčko jím tentokrát projde „jako po másle“.

„Vánoční pokus“

V1 Adventní svíčky

Pomůcky:

4 různě vysoké svíčky, talířek či tácek, skleněný poklop, zápalky

Postup:

Na talířek připevníme všechny 4 svíčky tak, aby stály svisle. Svíčky zapálíme a přikryjeme skleněným poklopem. Sledujeme, jak svíčky postupně zhasínají.

Poznámka:

Aby svíčky dobře stály, je možné je upevnit do víček od PET lahví nebo do čajových svíček. Ty nechte nejprve změkhnout, pak vložte svisle svíčky a „čajovky“ nechte opět ztuhnout.



Obr. 22. Adventní svíčky.

Závěrem

Doufáme, že jsme vás inspirovaly, stejně jako příroda inspirovala nás, a přejeme mnoho krásných chvil s fyzikou a možnostmi, které nám dává ...

Kapky a kapičky

Věra Koudelková

KDF MFF UK

Abstrakt

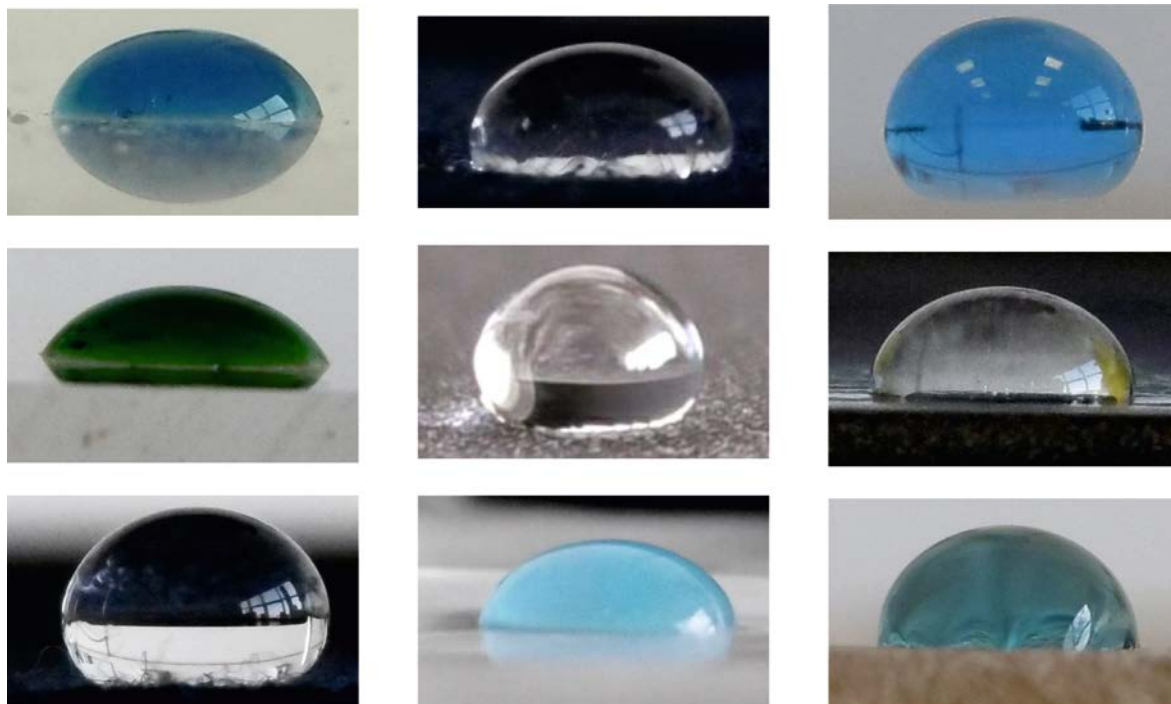
Příspěvek popisuje aktivity týkající se smáčivosti vody na různých površích a vlastnosti (super)hydrofobního povrchu.

Úvod

V příspěvku je popsána sekvence aktivit, jak žákům přiblížit pojem smáčivosti, ale i odbourat obvyklé „voda smáčí, rtuť nesmáčí“. Celá dílna měla tři části, které byly přerušovány výrobou destičky se superhydrofobním povrchem (z technologických důvodů bylo nutné počkat po každé nastříkané vrstvě). V příspěvku jsou ale aktivity popsány chronologicky tak, jak na sebe navazují.

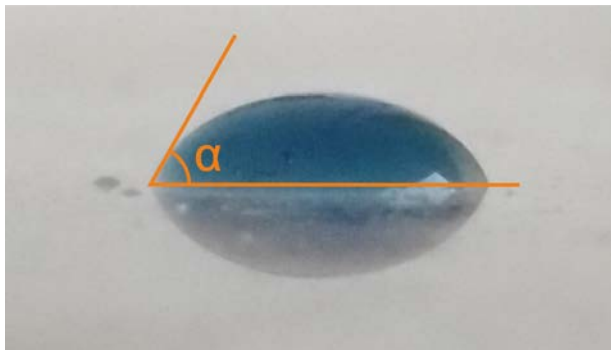
Kapičky na různém povrchu

První aktivita se týká toho, jak vypadá kapka vody na různých površích. Žáci mohou kapky sami vytvářet a pozorovat, případně lze použít i fotografie kapek (viz obr. 1). Je důležité, aby žáci měli k dispozici jak povrchy, které voda smáčí, tak takové, které voda nesmáčí. Na dílně měli účastníci k dispozici dřevo, kov, plast, látku, papír apod.



Obr. 1. Kapky na různých površích.

Žáci jsou schopni na základě experimentu nebo fotografií sami popsat, který povrch kapka smáčí, který ne. V případě zájmu o podrobnější definici lze žákům zavést tzv. smáčivý úhel (obr. 2) – úhel mezi tečnou ke kapce a povrchem. Pokud je tento úhel menší než 90° , kapalina povrch podle definice smáčí, pokud je větší než 90° , kapalina povrch nesmáčí. Pokud je smáčivý úhel větší než 150° , mluví se o superhydrofobním povrchu.

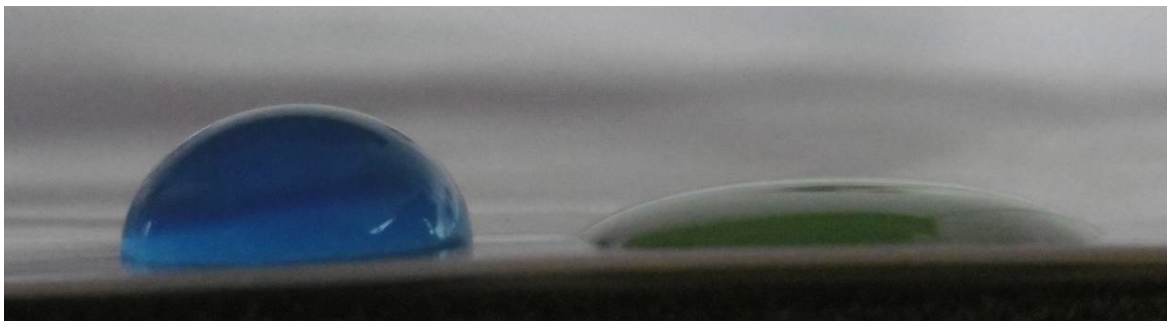


Obr. 2. Smáčivý úhel.

Změna smáčivosti

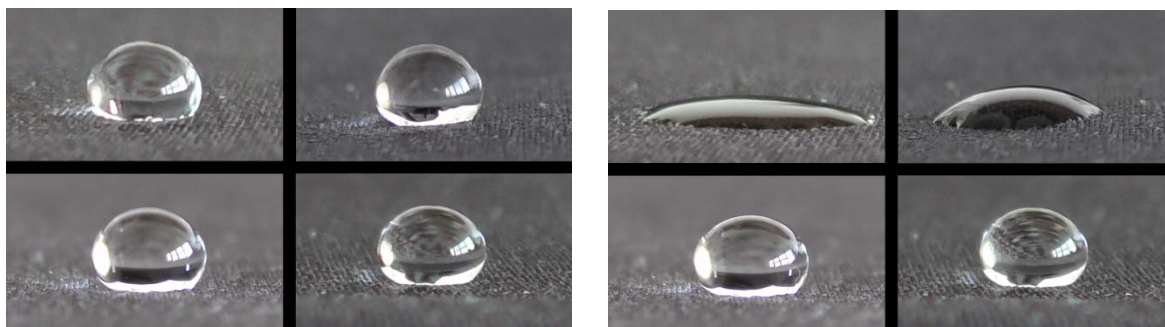
Druhá aktivita se týká toho, jak upravit kapalinu nebo povrch, pokud potřebujeme snížit nebo zvýšit smáčivost.

Ke zvýšení smáčivosti se používají detergenty – mýdlo, jar, prací prášek, ... Účastníci na dílně pozorovali rozdíl ve tvaru kapky vody a kapky jarové vody na stejném povrchu (viz obr. 3).



Obr. 3. Voda (vlevo) a voda s jarem (vpravo) na teflonu.

Ke snížení smáčivosti se používá impregnace povrchu – jak moderní impregnace ve spreji, tak historicky tuk nebo vosk. Účastníci opět porovnávali tvar kapky na látce a látce nastříkané impregnací. Je zajímavé, že některé impregnace na oblečení nezpůsobují výraznou změnu tvaru kapky, tedy její smáčivost, ale mění „vsákavost“ látky. Na obr. 4 je vidět porovnání kapek na látce nastříkané různými impregnacemi.



Obr. 4. Porovnání různých impregnací na látce: na začátku (vlevo) a po několika sekundách (vpravo).

Superhydrofobní povrch

K výrobě superhydrofobního povrchu používám sprej NeverWet, který v ČR distribuuje firma Nikido (viz [1]).

Jako vhodný povrch se osvědčily jednak papírové tácky (pro experiment „dopad kapek“), jednak zalaminovaný papír. Výhodou zalaminovaného papíru je, že se nepromočí zespodu a hydrofobní vrstva se tak neničí.

Jak pracovat se (super)hydrofobním sprejem

Návod na práci se sprejem je součástí balení, zde proto jen stručně komentuji své zkušenosti. Sprej má dvě složky, první má charakter „lepidla“, na které se teprve stříká samotná hydrofobní vrstva. Sprej tak lze použít téměř na libovolný povrch. Je ale potřeba počítat s tím, že hydrofobní vrstva je bílá (a bude tak na průhledných nebo barevných površích vidět).

První vrstva spreje se aplikuje 2×, mezi aplikacemi je potřeba počkat 15-20 minut tak, aby vrstva dobře uschla. Při stříkání je potřeba se vyhnout „loužičkám“ spreje – na těch potom špatně drží hydrofobní vrstva.

Po druhé aplikaci „lepidla“ je potřeba počkat přibližně 30 minut, poté se stříká samotná hydrofobní vrstva. Ta se stříká 3-4× (ze zkušenosti obvykle stačí 3×, ale je potřeba, aby byla plocha postříkána rovnoměrně), mezi jednotlivými nástřiky stačí prodleva pár minut tak, aby vrstva uschla. Po nastříkání poslední vrstvy je potřeba plochu nechat řádně uschnout – minimálně přes noc, lépe 24 hodin.

Na zakrytí části povrchu, který nemá být nastříkán (viz experimenty „obdélník vody“, „skrytý nápis“), se mi osvědčila žlutá malířská papírová páska. Po nastříkání je potřeba pásku opatrně odstranit tak, aby se neporušila hydrofobní vrstva – osvědčilo se mi ji po okraji odříznout (přerušit vrstvu lepidla) zalamovacím nožem.

Dále popisuji několik experimentů, které s hydrofobními povrchy dělám. Všechny popsané experimenty jsou ve formě videa dostupné ve Sbírce fyzikálních pokusů [2].

Dopad kapek

Pokud kápneme na papírový tácek nastříkaný hydrofobním sprejem kapku vody, ta se „rozplácne“, znovu se spojí a odrazí od povrchu. Experiment je pěkné pozorovat naživo i jako zpomalené video.



Obr. 5. Dopad vodních kapek na papírový tácek s hydrofobním povrchem (výřez z videa).

Ke srovnání chování vody je vhodné mít k dispozici stejný papírový tácek, ale nenastříkaný.

Obdélník vody

Inspirací k experimentu mi bylo video [3], které ukazuje vlastnosti jiného hydrofobního spreje. Jako podklad používám zalaminovaný papír, v jehož středu je část, která nebyla nastříkaná hydrofobní vrstvou. Voda se proto drží v této části a je schopna tam vytvořit vrstvu vysokou několik milimetrů (viz obr. 6).



Obr. 6. Obdélník vody.

Skrytý nápis

Princip je podobný jako u vodního obdélníku – voda se drží v nenastříkaných částech papíru a tvoří tak připravený nápis nebo obrázek. Vzhledem k tomu, že hydrofobní vrstva má podobnou barvu jako podklad pod ní, není nápis z některých úhlů pohledů bez vody v podstatě vidět (viz obr. 7).



Obr. 7. Nápis „Hi!“ vytvořený malířskou páskou (vlevo), po nastříkání a sundání pásky není vidět (uprostřed) a po nalití vody (vpravo).

Obrázek lze vytvořit i inverzně – nápis je prázdný, voda tvoří jeho okolí – viz logo konference Science on Stage na obr. 8.



Obr. 8. Logo konference Science on Stage 2019 vytvořené z vody.

Závěr

Experimenty s hydrofobními povrchy se žákům líbí, jsou pro ně velmi atraktivní. Užitečné mi ale přijdou i předchozí části, ve kterých si žáci propojí to, co běžně znají ze života, s vysvětlením „proč to funguje“.

Pokud experimenty popsané v příspěvku vyzkoušíte, budu ráda za vaše zkušenosti.

Literatura

- [1] Vodu odpuzující nástřik Nikido Never. cit. 30. 10. 2021. Dostupné online:
<https://www.nikido.cz/vodu-odpuzujici-nastrik-nikido-never-400ml-2/>
- [2] Voda na superhydrofobním povrchu. cit. 30. 10. 2021. Dostupné online:
<https://fyzikalnipokusy.cz/2343/voda-na-superhydrofobnim-povrchu>
- [3] The Official Ultra-Ever Dry video. cit. 30. 10. 2021. Dostupné online:
https://www.youtube.com/watch?v=IPM8OR6W6WE&ab_channel=UltraTechInternational%2CInc.

Pokusy z mikrosvěta na SŠ

Zdeňka Koupilová, Tomáš Popek

Katedra didaktiky fyziky, Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova, Praha

Abstrakt

Na dílně byly představeny připravované experimentální sady s pokusy z témat patřících do fyziky mikrosvěta – fotoelektrický jev s plechovkami, akustický model rastrovacího tunelového mikroskopu, tunelový jev pomocí mikrovln, Wienův posunovací zákon (a další zákony popisující záření černého tělesa). Sady jsou chystány na zapůjčování do škol a umožňují demonstrační a/nebo laboratorní experimenty. Potřebné experimentální vybavení je doplněno metodickým materiálem pro učitele a pracovními listy pro žáky.

Úvod

V tématu fyzika mikrosvěta nalezneme jen velmi málo námětů na experimenty či aktivní zapojení žáků. Jednak je to dáno tím, že se tomuto tématu nevěnuje na základních a středních školách tolik prostoru jako klasičtější mechanice či optice, jednak je tato oblast mnohem obtížněji experimentálně dosažitelná. A právě na tuto „mezeru“ v nabídce výukových materiálů cílila diplomová práce Tomáše Popka [1], která byla základem této dílny.

Na dílně byla připravena 4 stanoviště, která přesně odpovídala experimentálním sadám detailně popsáným v práci [1]. Tři stanoviště – fotoelektrický jev s plechovkami, tunelový jev s mikrovlnami a akustický model rastrovacího tunelového mikroskopu – byla určena pro samostatné experimentování a účastníci se na nich postupně ve skupinách vystřídali. Poslední experiment, Wienův posunovací zákon, má pouze demonstrační verzi a provedli jsme ho společně v závěru dílny.

Jednotlivé experimenty

Detailní teoretický i praktický popis experimentů včetně obrazové dokumentace, bezpečnostních upozornění, návodů na provedení včetně metodických pokynů pro učitele a pracovních listů pro žáky lze nalézt v [1]. Z této práce jsou také převzaty všechny následující obrázky a fotografie. Zde se omezíme pouze na stručný popis.

Fotoelektrický jev s plechovkami

Pokus nazvaný fotoelektrický jev s plechovkami přibližuje žákům jev, který stál u zrodu kvantové mechaniky. Vysvětlení, jehož autorem je Albert Einstein, vychází z částicové povahy světla – elektrony mohou absorbovat energii elektromagnetického záření jen po určitých „balíčcích“ (kvantech). Rozlišujeme vnitřní fotoelektrický jev, při kterém jsou elektrony uvolňovány uvnitř materiálu a mohou se podílet na vedení elektrického proudu, a vnější fotoelektrický jev, kdy se vlivem záření elektrony uvolňují ven z materiálu. Fotony dopadající na kov jsou pohlcovány elektrony, ale pouze při absorbování fotonu

s dostatečnou energií může elektron opustit povrch materiálu. Hodnota této potřebné energie se nazývá výstupní práce W_0 a charakterizuje daný materiál. [2]

Experiment je navržen tak, že žáci pomocí novodurové tyče a flanelu elektricky nabijí hliníkovou plechovku¹⁰ a pak na ní postupně svítí různými zdroji záření – od běžné žárovky s významnou složkou viditelného světla až po germicidní lampičku, která vyzařuje významně i v UVC oblasti. Při svícení na záporně nabitou plechovku lze pozorovat, že při použití UVC lampičky se plechovka vybíjí pozorovatelně rychleji. Vybíjení urychluje i přiložená UVB zářivka, ale protože jen velmi malá část spektra má dostatečně malé vlnové délky, je to velmi špatně pozorovatelné. K urychlení vybíjení nedojde, pokud svítíme na plechovku přes sklo, které většinu UV záření pohltí. Při svícení na kladně nabitou plechovku, kdy je na povrchu plechovky elektronů nedostatek, rychlejší vybíjení také nepozorujeme, jelikož případné uvolnění elektronu by naopak nabilo plechovku ještě kladněji.



Obr. 1. Plechovka na stojánku a s hliníkovými lamelami, které detekují, zda je elektricky nabitá.

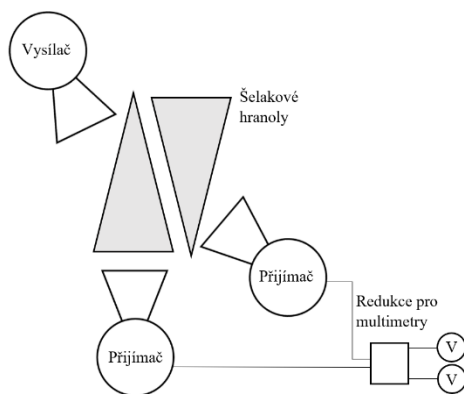
Hliník má výstupní práci rovnu přibližně 4,1–4,2 eV (záleží na povrchové konfiguraci atomů [3]). Fotony s touto energií odpovídají záření o vlnové délce přibližně 300 nm, jedná se o lidským okem nezachytitelné blízké ultrafialové záření¹¹. Pro porovnání: výstupní práce železa 4,6–4,9 eV a s uvedenými zdroji záření je již fotoelektrický jev neproveditelný.

¹⁰ Vhodné jsou plechovky od nápojů, ze kterých je na místě, kam budou žáci svítit, odstraněna povrchová úprava (lak, barva). Protože dochází k poměrně rychlé oxidaci, je nutné před každým experimentem plechovku na tomto místě ještě „očistit“ smirkovým papírem.

¹¹ Dílčí dělení blízkého UV spektra: UVA 320–400 nm, UVB 280–320 nm, UVC 200–280 nm.

Tunelový jev s mikrovlnným zářením

Tato experimentální sada¹² demonstruje tunelový jev s použitím mikrovlnné soupravy, která již byla k dispozici na KDF MFF UK. Využívá se zde totálního odrazu vlnění na hranolu [2]. Mezi mikrovlnný vysílač a jeden z přijímačů je vložen šelakový hranol tak, aby na něm docházelo k totálnímu odrazu. Kromě prošlého signálu je měřen i odražený signál pomocí druhého přijímače. Následně žáci přiblíží ke stěně hranolu, kde dochází k totálnímu odrazu mikrovln, druhý šelakový hranol, a tím vznikne úzká vzduchová mezera. Když je šířka vzduchové mezery srovnatelná s vlnovou délkou použitých mikrovln (zde cca 3 cm), dochází ke znatelnému poklesu odraženého signálu, a naopak se zesílí signál prošlý. Dochází tak k tunelovému jevu.



Obr. 2. Schéma demonstrace tunelového jevu s mikrovlnnou soupravou (bez znázorněného zdroje napětí).

Vysvětlení tohoto jevu lze najít i pomocí klasické elektrodynamiky, resp. vlnové optiky, jde však nad rámec SŠ fyziky. Teorie elektromagnetického pole říká, že na rozhraní dvou izotropních optických prostředí musí být určité složky elektrického a magnetického pole spojitě. Z tohoto faktu můžeme odvodit, že pokud na rozhraní dopadá rovinná harmonická vlna, tak i v případě, kdy dochází k totálnímu odrazu, proniká do druhého prostředí elektromagnetická vlna (tzv. evanescentní vlna), jejíž amplituda se vzdáleností od rozhraní exponenciálně klesá (na vzdálenostech srovnatelných s vlnovou délkou poklesne k nule) a zároveň směrem od rozhraní nepřenáší žádnou energii. Pokud v dostatečné blízkosti hranolu, na kterém dochází k totálnímu odrazu, přiložíme materiál, který má vyšší index lomu, než je index lomu prostředí mezi hranoly (zde vzduch), můžeme evanescentní vlnu zachytit. Dopadající vlnění se opět rozdělí na dvě vlny – odraženou a prošlou.

Jiný popis poskytuje kvantová mechanika, kdy na elektromagnetické záření budeme nahlížet jako na tok fotonů. Při dopadu pod úhlem větším, než je mezní úhel, nemají fotony dostatečnou energii, aby mohly pronikat do druhého prostředí – do vzduchu, resp. překonaly vzduchovou mezeru mezi hranoly. Přesto pozorujeme, že část fotonů tuto mezeru překoná. Tomuto jevu se říká tunelový jev. Kvantová fyzika jej popisuje i přesně matematicky, je dobře proměřený a stal se základním principem i některých přístrojů (viz následující experiment).

¹² Tento experiment je v anglických materiálech označován jako frustrated total internal reflection.

Akustická analogie rastrovacího tunelového mikroskopu

Akustická analogie rastrovacího tunelového mikroskopu (STM¹³, inspirováno [4]) přibližuje žákům funkci rastrovacího tunelového mikroskopu, který se používá při zkoumání struktur o velikosti srovnatelné s velikostí atomů. Tento přístroj byl vynalezen roku 1981 a jeho základní částí je sonda ve tvaru velmi ostré jehly, která má na špičce jediný atom. Pohyb této jehly je řízen pomocí velmi přesných piezokrystalů. Mezi jehlou a vodivým vzorkem je přivedeno elektrické napětí. Obvod je rozpojený, protože je mezi vzorkem a jehlou mezera (vzduchová či vakuová) a přivedené napětí není dostatečné, aby zde proběhl výboj. Přesto díky tunelovému jevu prochází obvodem proud – některé elektrony dokážou překonat onu vzduchovou mezeru. Velikost tohoto proudu se mění velmi silně v závislosti na vzdálenosti sondy od vzorku, tj. malé změny vzdálenosti způsobují velké změny proudu, a tak nám měření proudu umožňuje skenovat povrch vzorku s velkou přesností.

V akustickém modelu STM jsou atomy na povrchu zkoumaného vzorku modelovány kelímky od probiotického nápoje. Žáci měří s použitím dvou telefonů (jeden slouží jako vysílač zvuku, druhý jako přijímač). Telefony plní funkci jehly mikroskopu – vysílač vysílá signál dané frekvence (odpovídající přivedenému napětí mezi jehlou STM a vzorkem), přijímač analyzuje změnu hlasitosti signálu, která odpovídá změně tunelového proudu procházejícího jehlou STM. Pokud jsou telefony nad některým z kelímků, dochází k rezonanci, tj. zesílení zvuku, a tím je možné polohu kelímku detekovat. Analogicky, pokud se sonda nachází v blízkosti atomu vzorku, je zde větší výskyt elektronů, a tím se zvětšuje pravděpodobnost jejich průchodu mezerou a velikost tunelovacího proudu.

Jsou-li kelímky z části naplněné vodou, změníme tím jejich rezonanční frekvenci. Takové kelímky představují odlišné atomy. Budou reagovat méně na budící frekvenci vysílače, protože se nejedná o jejich rezonanční frekvenci. Analogicky, při daném napětí se pro různé atomy na povrchu vzorku liší tunelový proud procházející jehlou STM.

Žáci při této aktivitě nejprve skenují řadu 4–5 kelímků, ale poté také analyzují sken dvoudimenzionální struktury.



Obr. 3. Vlevo – akustický model STM s pěti kelímky (atomy), telefon s viditelnou obrazovkou je přijímač, druhý telefon (skrytý za prvním) je vysílač, mikrofon přijímače a

¹³ STM = scanning tunneling microscope

reproduktor vysílače se nacházejí v těsné blízkosti kelímků, vpravo – matice kelímků (atomů) 4×4 s pěnovou šablonou.

Wienův zákon a záření černého tělesa

Experimentální sada s názvem Wienův posunovací zákon demonstruje vyzařovací zákony absolutně černého tělesa, tj. Planckův vyzařovací zákon, Wienův posunovací zákon a Stefan-Boltzmannův zákon. Světlo z lineárního halogenového zářiče¹⁴ se láme přes optický hranol, čímž se vlivem disperze světla zobrazí spojitě světelné spektrum. Při snížení napětí na zářiči (pomocí stmívače) se sníží teplota vlákna, a tím se jednak sníží celková intenzita záření, ale díky posunu maxima vyzařované energie směrem k větším vlnovým délkám se změní i relativní zastoupení barev ve spektru. Proto se původně bílé světlo zářiče změní na světle oranžové, ve spektru pozorujeme úplné vymizení fialových a modrých odstínů. Doc. RNDr. Zdeněk Bochníček, Dr. ve videu [5], které bylo inspirací pro sestavení této sady, upozorňuje na fakt, že lidské oko je citlivější na zelenou barvu, proto se lidskému oku jeví v zobrazeném spektru intenzivnější, než ve skutečnosti je. Na kvalitativní výsledek pokusu toto však nemá významný vliv.

Závěr

Účastníci dílny velmi ocenili nápady na to, jak experimentovat či alespoň modelovat vybrané jevy i v tematické oblasti fyzika mikrosvěta. Největší úspěch měly experimenty s jednoduchými pomůckami (fotoelektrický jev s plechovkami a akustická analogie STM), které si mohou vytvořit hned sami a vyzkoušet se svými žáky, aniž by museli čekat na doděláné experimentálních sad.

Na druhou stranu byla dílna velmi přínosným expertním posouzením i netradiční pilotáží připravovaných sad, která bohužel nemohla proběhnout ještě v rámci diplomové práce [1] ve školním roce 2020/2021. Dílna tak přispěla k tomu, aby sady byly dokončeny právě do zamýšlené formy „zapůjčovacích kufříků“ a nabídnuty učitelům. Kromě těchto čtyř sad se dále pracuje ještě na několika dalších sadách, které tyto sady zaměřené spíše na kvantové jevy obohatí o témata z částicové fyziky.

Literatura

- [1] Popek T.: *Sady pro demonstrační experimenty ve středoškolské výuce fyziky mikrosvěta*. Diplomová práce (ved. práce Z. Koupilová), MFF UK 2021, Dostupné online [cit. 22. 10. 2021] <https://dspace.cuni.cz/handle/20.500.11956/127722>
- [2] Reichl J., Všetička M.: *Encyklopedie fyziky* [online]. [Cit. 22. 10. 2021]. Dostupné z: <http://fyzika.ireichl.com/>
- [3] *Work function*. Wikipedie. [Cit. 16. 11. 2021]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Work_function

¹⁴ Halogenový reflektor, který lze zakoupit např. v hobby marketech, který je uvnitř natřený černou žáruvzdornou barvou, aby se omezilo odrážení světla.

- [4] EULER, Manfred. *Getting in touch with the nanoworld: Hands-on experiments and models to visualize nanoscale structures* [online]. Science and technology Education for the 21st Century, 2014. DOI: 10.13140/2.1.1728.2881.
- [5] Nadace České spořitelny, 2016, Doc. RNDr. Zdeněk Bochníček, Dr., PŘF MU Brno, Youtube video. [Cit. 22. 10. 2020]. Dostupné z:
<https://www.youtube.com/watch?v=hZqR81UB6pY&list=PLNn4rgcKoGfp9VX-55cWubyFgovsRyv05&index=6>

Víno a vše kolem něj – upgrade

Čestmír Krejčí

Gymnázium a Jazyková škola s právem státní jazykové zkoušky, Břeclav

Abstrakt

Tato dílna volně navazuje na dílnu „Víno a vše kolem něj“ z roku 2019, kterou autor připravil společně s Věrou Pejčochovou (viz [1]). Nově připravená dílna obsahovala i část experimentů z dílny původní, které však v tomto sborníku nebudou popisovány. Zaměříme se tedy na další experimenty s pomůckami, které jsou nějakým způsobem spojeny s výrobou vína nebo jeho konzumací jako je kvasná zátka, košťář, skleničky, láhve nebo zátky.

I. Pokusy s kvasnou zátkou

Kvasná zátka se používá při kvašení vína na hrdle kvasné nádoby. Její obsah bývá zpravidla naplněn obyčejnou vodou. Zátka umožňuje unik kvasných plynů (CO_2) z kvasné nádoby, přitom neumožní přístup vzduchu dovnitř nádoby kvůli možné kontaminaci bakteriemi. Když tlak vzniklého plynu uvnitř kvasné nádoby stoupne nad určitou mez, unikají kvasné plyny skrz náplň kvasné zátky v jednotlivých bublinkách do okolního prostředí. Kvasné zátky se vyrábějí v různých provedeních od foukaného skla až po plastové výlisky. Dají se koupit ve vinařských potřebách nebo v některých drogeriích. Pro školní účely je vhodné zakoupenou kvasnou zátku vsadit do otvoru vyvrtaného vrtačkou v korkové zátce. Korkovou zátku je často nutné nožem a smirkovým papírem upravit na velikost otvoru používané láhve v jednotlivých experimentech. Jako náplň kvasné zátky doporučuji pro školní účely používat obarvenou vodu. V případě kvasné zátky se fyzikálně se jedná o spojené nádoby, kdy obarvená voda sahá v obou ramenech před připravenými experimenty do stejné výšky.

1. Simulace kvasného procesu

Pomůcky: kvasná zátka, korek, voda, láhev od vína, ocet, prášek do pečiva, potravinářské barvivo

Postup:

Připravíme si kvasnou zátku, kterou upevníme do korkové zátky a naplníme malým množstvím obarvené vody. Do čiré láhve od vína nasypeme prášek do pečiva a nalijeme vhodné množství octu. Kvasnou zátku rychle nasadíme na hrdlo láhve od vína a pozorujeme, jak vzniklý CO_2 probublává kvasnou zátkou.

Vysvětlení:

Pokus žákům simuluje kvasný proces, který probíhá v nádobách, kde se vyrábí víno. Vzniká při něm oxid uhličitý, který můžeme sledovat, jak probublává barevnou náplní kvasné zátky.



Obr. 1. Různé druhy používaných kvasných zátek.

2. Teplotní roztažnost vzduchu

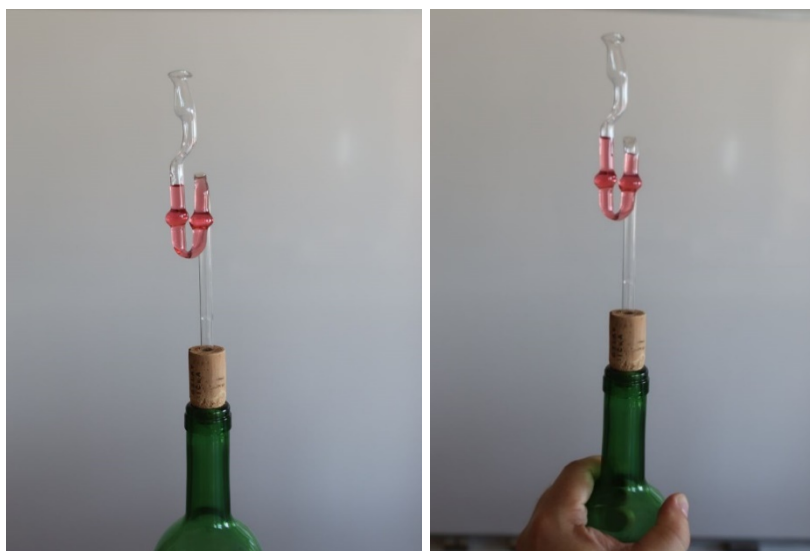
Pomůcky: kvasná zátka, korek, láhev od vína, plastelína, voda obarvená potravinářským barvivem, rychlovarná konvice, nádoba na horkou vodu

Postup:

Kvasnou zátku upevníme do korkové zátky a naplníme ji vodou obarvenou potravinářským barvivem. Zátku nasadíme do hrdla vhodné láhve a případně ji utěsníme plastelínou. Láhev uchopíme do ruky a sledujeme, jak se mění hladiny vody v kvasné zátce.

Vysvětlení:

Rukou zahříváme vzduch v láhvi a s rostoucí teplotou dochází ke zvětšování objemu vzduchu v láhvi. Hladiny obarvené vody v kvasné zátce ukazují změny objemu vzduchu v láhvi. Experiment můžeme urychlit vložením láhve do nádoby s horkou vodou, aby pozorované změny objemu vzduchu v láhvi byly větší a lépe pro žáky pozorovatelné.



Obr. 2. Zahříváním láhve rukou se zvětšuje objem vzduchu v láhvi.

II. Pokusy s košťýřem

Košťýř je skleněná nádoba používaná k ochutnávce (koštu) nebo k přelévání vína z jedné nádoby do druhé (demižón, džbán). Skládá se ze tří částí: trubice, hlavy a nasávací trubičky. Ve školním prostředí je vhodné používat pro žáky plastové košťýře, které se dají pořídit ve vinařských potřebách nebo v rámci sezónních srpnových akcí řetězce TESCO. Jako kapalinu používáme ve školních experimentech pochopitelně místo vína obarvenou vodu.

1. Nasávání vody do košťýře

Pomůcky: košťýř, nádoba s obarvenou vodou

Postup:

Obarvenou vodu z nádoby na zemi nasajeme podtlakem ústy do hlavy košťýře. Nasávací trubičku prstem uzavřeme a po vytažení košťýře z nádoby uzavřeme dolní ústí trubice. Při ochutnávce se nechá prstem uzavřená jen spodní trubice, košťýř se položí na rameno a uvolňováním jeho ústí se rozlévá víno koštujícím.

Vysvětlení:

Pokud je trubice a stěna hlavy košťýře opatřena stupnicí, můžeme u žáků zaznamenávat výšku hladiny, do které obarvená voda v košťýři vystoupí. Z rozdílu výšky hladin v obou nádobách dokážeme početně odhadnout příslušnou hodnotu vzniklého podtlaku.



Obr. 3. Plastový košťýř s papírovou stupnicí.

2. Torricelliho pokus s košťýřem

Pomůcky: košťýř, nádoba s obarvenou vodou, zátka, metr

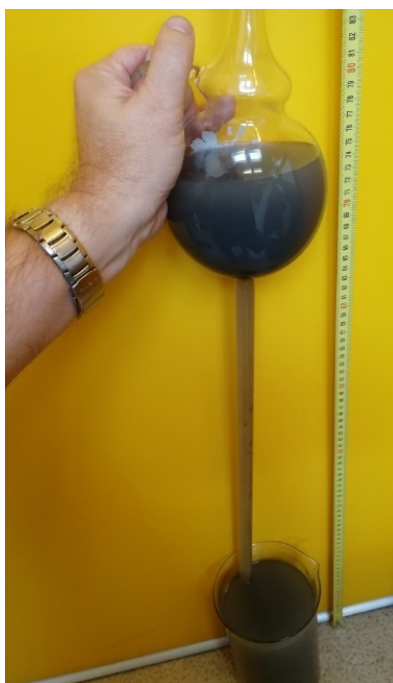
Postup:

Obarvenou vodu z nádoby položené na zemi nasajeme podtlakem ústy do hlavy košťýře. Nasávací trubičku uzavřeme prstem nebo zátkou. Košťýř máme stále ponořený trubicí

v nádobě s obarvenou vodou. Košťýřem nakláníme do stran a metrem sledujeme výšku hladiny obarvené kapaliny v košťýři.

Vysvětlení:

Tento pokus je simulací známého Torricelliho pokusu se rtutí. Místo nebezpečné rtuti můžeme použít vhodně obarvenou vodu černým barvivem. Hodnota atmosférického tlaku vzduchu by ve vhodné trubici pochopitelně udržela až 10 metrů vysoký sloupec vody, u rtuti by se rozdíl hladin pohyboval v závislosti na tlaku vzduchu kolem 75–76 cm. Pokud si do košťýře nasajeme přibližně podobné množství obarvené vody, můžeme žákům s využitím zvláštního tvaru košťýře s dlouhou trubicí simulovat Torricelliho pokus, při kterém atmosférický tlak udržel sloupec rtuti v trubici i během naklánění ve stejné velké výšce.



Obr. 4. Simulace Torricelliho pokusu s obarvenou vodou v košťýři.

III. Chemické pokusy

Technologie výroby vína a jeho další ošetřování je spojeno s celou řadou chemických dějů. Jeden z nejstarších způsobů ošetření vína je tzv. síření vína. Oxid siřičitý SO_2 má totiž celou řadu funkcí: plní funkci redukční látky (odebírání kyslíku), slouží jako konzervační prostředek (stabilizátor), má antibakteriální účinky, omezuje růst patogenních bakterií, zabraňuje zhnědnutí vína a drží přirozenou vůni. Dosud se nepodařilo SO_2 nahradit žádnou jinou vhodnou látkou, i když se o to mnoho badatelů pokoušelo. Tzv. volná síra jde v podmínkách malovinářů snadno sledovat. V nádobách ve sklepě vinař udržuje volnou síru mezi 20 a 30 mg/l, před lahvováním lze zvýšit obsah síry i na 40 mg/l, a pokud počítá s dlouhým ležením lahví, zvýší hodnotu až na 50 mg/l.

1. Měření volné síry

Pomůcky: roztok Reagenz [2] se zkumavkou, víno

Postup:

Do zkumavky dodávané k roztoku Reagenz nalijeme víno po rysku označenou „0“. Postupně do zkumavky s vínem kapeme roztok Reagenz a přitom zkumavkou s tekutinami stále protřepáváme, až se časem tekutina zbarví do tmavě modré.

Vysvětlení:

Roztok Reagenz je spolu se speciální zkumavkou volně v prodeji ve vinařských potřebách. Je to tekutina reagující zabarvením na množství síry ve víně při teplotě 10–20 °C. Během protřepávání dochází k chemickým reakcím jódu a hydroxidu sodného, které obsahuje roztok Reagenz, s oxidem siřičitým ve víně.

Pokud tekutina ve zkumavce přestala měnit barvu a zůstala tmavě modrá, její hladina ve zkumavce ukáže na stupnici volný SO_2 . Číslo 1 na zkumavce znamená 10 mg volné síry na litr, číslo 2 pak 20 mg/litr atd.



Obr. 5. Vlevo červené víno ve zkumavce, vpravo výsledný roztok připravený k odečtení hodnoty volné síry na stupnici zkumavky.

2. CO_2 ve vinném sklepe

Pomůcky: ocet, prášek do pečiva, plastová láhev s uzávěrem s hadičkou (brčkem), vysoká kádinka, svíčka, zápalky

Postup:

Do vysoké kádinky si připravíme zapálenou čajovou svíčku, do plastové láhve nasypeme prášek do pečiva a nalijeme ocet. Láhev rychle uzavřeme uzávěrem s hadičkou, kterou vložíme do kádinky se svíčkou. Pozorujeme zhasnutí svíčky.

Vysvětlení:

Oxid uhličitý (CO_2) vzniklý při kvašení vína je bezbarvý plyn, bez chuti, zápachu, těžší než vzduch. Ve vinných sklepech se drží u země. Ve vyšších koncentracích může způsobit ztrátu vědomí člověka a bez dostupné pomoci dochází velmi rychle k úmrtí. Jako prevenci měli v době kvašení vína staří vinaři na podlaže ve sklepe vždy zapálenou svíčku, která při nebezpečném zvýšení koncentrace oxidu uhličitého zhasla. Dnes je zajištěno odvětrávání sklepů tak, aby nedocházelo k hromadění oxidu uhličitého.

IV. Pokusy s láhvemi

Ve fyzikálních experimentech lze použít i láhve od vína. Použitím přípravku na řezání skleněných láhví lze láhve rozříznout na dvě různé části, které je možné využít k zajímavým experimentům.



Obr. 6. Přípravek na řezání skleněných láhví, který je k sehnání na AliExpress.

1. Potápěč v láhvi s vínem

Pomůcky: průhledná skleněná láhev od vína, plastové víčko, voda, oční kapátko, sklenička na víno s vodou

Postup:

Oční kapátko vyvážíme ve vodě například ve skleničce na víno, aby sotva plovalo. Do průhledné skleněné láhve nalijeme vodu téměř po okraj. Kapátko vložíme do láhve a láhev uzavíráme plastovým víčkem. Už při malém vhodném zatlačení víčka pozorujeme ponoření potápěče.

Vysvětlení:

Tento známý a u žáků oblíbený experiment, používá místo tradičního zmáčknutí plastové láhve skleněnou láhev od vína. Působením tlakové síly víčka na hladinu kapaliny v uzavřené skleněné nádobě, vznikne podle Pascalova zákona ve všech místech kapaliny stejný tlak. Proto se zmenší i objem vzduchu v potápěči tvořeném skleněným kapátkem a tím se zvýší jeho průměrná hustota. Na potápěče pak působí podle Archimédova zákona menší vztlaková síla, a proto se potápí. Při povolení plastového víčka potápěč vyplave vzhůru k hrdlu láhve.



Obr. 7. Oční kapátko připravené jako potápěč ve skleněné láhvi s plastovou zátkou.

2. Jak dostat maticku do láhve?

Pomůcky: láhev od vína, tvrdý papír, lepidlo, malá kovová maticka

Postup:

Z tvrdého papíru vystříhneme pásek široký asi 2 cm a dlouhý cca 21 cm. Slepáním jeho konců lepidlem vyrobíme papírovou obruč, kterou umístíme na hrdlo láhve a na ni položíme kovovou maticku. Jakým pohybem dostaneme maticku do láhve?

Vysvětlení:

Snažíme se rychle vytrhnout rukou papírovou obruč do strany, nikoli ve směru průměru papírové obruče, ale kolmo na něj. Při troše šikovnosti kovová maticka spadne setrvačností do láhve.



Obr. 8. Kovová maticka na papírové obruči připravená nad hrdlem láhve.

3. Nafouknutí balónku

Pomůcky: uříznutá horní část láhve od vína, balónek, vysoká kádinka s vodou

Postup:

Do vysoké kádinky nalijeme vodu. Na hrdlo odříznuté láhve od vína navlečeme balónek a láhev ponoříme do kádinky s vodou. Balónek se začne nafukovat.

Vysvětlení:

Dolní odřezanou částí láhve vnikne do skleněné láhve voda, která vytlačuje vzduch v láhvi do balónku. Vzduch uzavřený v láhvi je stlačitelný, proto se při větším ponoření láhve do vody, začne balónek nafukovat.



Obr. 9. Vlevo balónek před ponořením láhve do vody, vpravo nafouknutý balónek po ponoření láhve do vody.

4. Hoření svíček pod uřezanými láhvemi

Pomůcky: uříznutá horní část láhve od vína, uříznutá dolní část láhve od vína, 2 čajové svíčky, zápalky, 2 podšálky

Postup:

Na podšálky nalijeme trochu vody a položíme na každý z nich čajovou svíčku. Zapálíme obě čajové svíčky a pak je ve stejném okamžiku zakryjeme. Jednu z nich zakryjeme uříznutou horní skleněnou částí láhve s nezakrytým hrdlem, druhou zakryjeme uříznutou dolní částí láhve tak, aby byla láhev dnem vzhůru. Nalitá voda na podšálkách je zde kvůli tomu, aby po zakrytí svíček nevnikal vzduch otvory v nepřesně naříznutých okrajích láhví. Ve které z láhví zhasne svíčka dříve?

Vysvětlení:

Dříve zhasne paradoxně svíčka pod částí láhve s otvorem. V láhvi s otevřeným hrdlem zahřátý vzduch stoupá vzhůru a vytlačí otvorem vzduch s kyslíkem, proto svíčka přestane hořet.

V části láhve bez otvoru dochází k proudění vzduchu, zahřátý teplý vzduch stoupá vzhůru a na jeho místo dolů klesá chladnější vzduch s kyslíkem dolů. Než se v této láhvi nahromadí zplodiny hoření, trvá to trochu delší dobu než v prvním případě a svíčka svítí déle.



Obr. 10. Pod láhví s otvorem svíčka zhasne dříve než pod láhví otočenou dnem vzhůru.

5. Jak nechat svíčku pod láhví hořet?

Pomůcky: uřezaná část láhve od vína s hrdlem, talíř s vodou, rukavice, čajová svíčka, zápalky, hliníkový plíšek, nůžky

Postup:

Zapálenou čajovou svíčku dáme na talíř s vodou a přiklopíme ji uřezanou lahví od vína tak, aby otevřený otvor hrdla láhve byl nad svíčkou. Co se stane se svíčkou? Proč svíčka zhasne? Jak zařídíme, aby svíčka pod lahví stále hořela?

Vysvětlení:

I pod otevřenou skleněnou láhví svíčka brzy zhasne. Hromadí se zde oxid uhličitý a ke knotu svíčky není přístup vzduchu hrdlem láhve. Proto z tenkého hliníkového plechu vystříhneme přepážku ve tvaru písmene L nebo T, kterou vložíme do hrdla láhve. Přepážka rozdělí hrdlo na dvě části: jedna z nich přivádí potřebný kyslík k hoření a druhá

díky vzniklému komínovému efektu odvádí spaliny z láhve. Svíčka vydrží hořet delší dobu. Při experimentování si dáváme pozor na horké sklo láhve, se kterou doporučuji raději manipulovat s vhodnou rukavicí.



Obr. 11. Pokud je v hrdle láhve přepážka, svíčka nezhasne.

Literatura

- [1] Krejčí. Č., Pejčochová V.: Víno a vše kolem něj. In: Dílny Heuréky 2019. Sborník konferencí projektu Heuréka. Ed.: Věra Koudelková. MatfyzPress, Praha 2020. ISBN 978-80-7378-410-2. Dostupné online:
https://kdf.mff.cuni.cz/heureka/former/sborniky/DilnyHeureky_2019.pdf
- [2] *Vinařský dům Kopeček*. [cit. 26. 10. 2021]. Dostupné online:
https://www.vinarskydum.cz/so2-reagenz_p4183

Urychlovač ve škole

Jiří Kvapil

Gymnázium, Olomouc-Hejčín, Tomkova 45

Abstrakt

Text dává návod na výrobu funkčního urychlovače částice (polystyrenové kuličky v plastové misce), který urychluje elektrostatickým polem vysokého napětí. Součástí je přehled použitého materiálu s příklady míst, kde se dá obstarat. Následuje srovnání použitých fyzikálních principů v tomto modelu a ve skutečných urychlovačích. Text končí stručným přehledem informačních zdrojů o skutečných urychlovačích používaných v CERNu a o výukových materiálech a aktivitách, které v CERNu připravili pro žáky a učitele.

Původní prameny

Prvním impulzem byl článek v časopisu Science in School [1], který je naštěstí stále dostupný také online a lze jej stáhnout v pdf (Příloha 1). Na webu časopisu se lze zaregistrovat a nechat si posílat newsletter, vřele doporučuji. Popsaný experiment mě opravdu nadchl, hned jsem jej vyzkoušel se skleněnou mísou z naší kuchyně a krásně fungoval. Brzy jsem našel také další článek [2], který je zřejmě starší a stručně a výstižně popisuje, jak experiment funguje a jaký má vztah ke skutečným urychlovačům (Příloha 2). Oba články jsou v anglickém jazyce. Pěkné video najdete také zde [7].

Materiál a další vybavení

Některé části experimentu jsem při dalších pokusech nahradil u nás dostupnějším nebo levnějším materiálem, skleněnou mísu jsem totiž potřeboval vrátit domů na přípravu oběda. V této části textu budu postupně popisovat části nejjednodušší a nejlevnější verze, která však funguje skvěle, uvedu také seznam použitého materiálu a nářadí.

Tělo urychlovače – salátová mísa

Pro levné a dostupné řešení jsem zvolil salátovou misku s hladkou stěnou o objemu 1 000 ml na jednorázové použití [3], větší objem s hladkou stěnou jsem na trhu nikde nenašel. Prodává se obvykle po 50 kusech, mám jich ještě relativně velkou zásobu (kvapil@gytool.cz). Měla by být tvaru polokoule s rovným dnem, lepší definice mě nenapadá, obr. 1 je asi výmluvnější. Rozměry této misky jsou: vnější horní průměr 18,7 cm, vnitřní horní průměr 16 cm, průměr rovného dna 9 cm, výška 7,3 cm. Lze použít i jiné velikosti, jen je potřeba si upravit rozměry dalších částí.



Obr. 1. Salátová mísa [3].

Pokud chcete trvalejší, ač dražší řešení, sežeňte si zapékací skleněnou mísu obdobného tvaru, případně velkou mísu z tvrdého plastu (obr. 14). Dále je třeba samolepicí hliníková páska (např. obr. 2), která se dá koupit v hobby a profi obchodech pro řemeslníky, používá se na lepení izolačních vrstev či potrubí. Jen je třeba si dát pozor, aby byla na povrchu opravdu hliníková, dá se totiž zaměnit za pásku, která je stříbrná s plastovým povrchem („stříbrná izolepa“).



Obr. 2. Samolepicí hliníková páska – jedno z možných provedení.

Urychlovaná částice – polystyrenová kulička

V původních návodech se jako urychlovaná částice používá pingpongový míček nastříkaný vodivou barvou. Mnou použítá mísa má menší rozměry než ty v původních návodech, vhodná je proto také menší částice. Použil jsem polystyrenové kuličky o průměrech 2 cm nebo 2,5 cm [4]. Vodivosti jsem lehce dosáhl třením kuličky uhlíkovým práškem, podrobněji to bude popsáno v postupu výroby. Tento prášek se používá jako mazadlo mechanických částí a dá se koupit na stejných místech jako hliníková páska. Polystyrenové kuličky různých průměrů jsou k dostání v obchodech s dekorativními potřebami.

Zdroj energie – vysoké napětí

Jako zdroj energie je ověřen jak běžný Van de Graafův generátor (ale funkční ☺), tak také indukční elektrika, školní vysokonapěťový zdroj P3127-1V (nastavitelné napětí 0–18 kV, dodává např. Didaktik.cz) nebo také vysokonapěťový generátor, který se dá koupit velmi levně i u nás [5] a dává skvělé jiskrové výboje. Jen je třeba si jej přilepit k nějaké destičce a jako zdroj použít plochou baterii. Podle výrobce je určen na 3–6 V, ale dvě sériově zapojené ploché baterie vydržel také.

Seznam materiálu, nářadí a vybavení

- Plastová mísa 1 000 ml
- Samolepicí hliníková páska šířky 48 mm délky 0,5 m
- Polystyrenová kulička o průměru 2 cm nebo 2,5 cm
- Uhlíkový prášek (mazadlo)
- Jednorázová tenká rukavice
- Pravítko s ryskou, tužka, nůžky
- VN zdroj a dva vodiče k připojení přes krokosvorky

Varianty

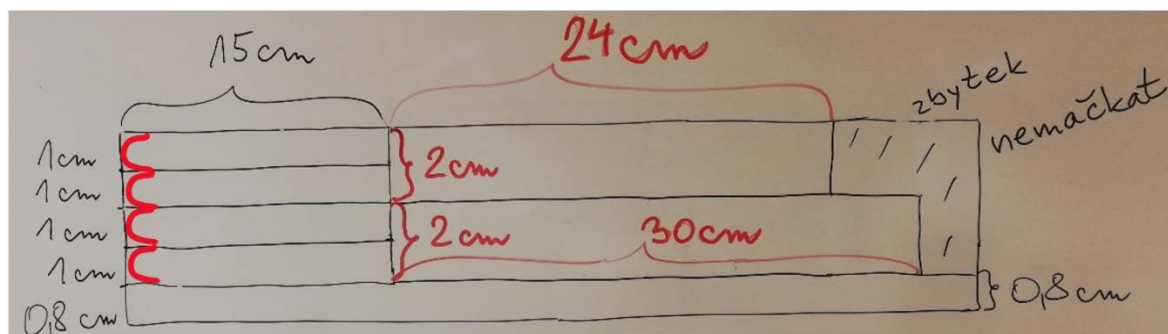
Později jsem si také vyrobil větší provedení v míse z tvrdého plastu, která je však neprůhledná. Díky většímu průměru ale dokáže rozhýbat také vodivý pingpongový míček a celkově může být experiment efektnější (obr. 14). Při hledání vhodné jednorázové plastové mísy jsem narazil i na nižší a širší salátovou misku, která také dobře funguje. Obě provedení jsou na obr. 12 až 15.

Výroba

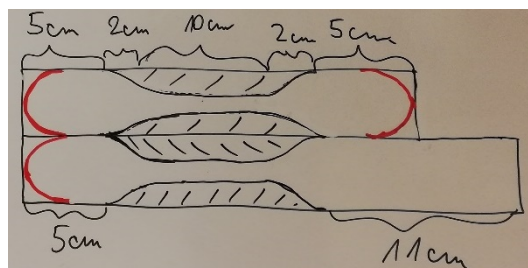
Následující popis výroby je ohledně rozměrů platný pro salátovou misku s hladkou stěnou o objemu 1 000 ml na jednorázové použití [3]; rozměry této mísy jsou: vnější horní průměr 18,7 cm, vnitřní horní průměr 16 cm, průměr rovného dna 9 cm, výška 7,3 cm.

1. Ustříhneme si 50 cm hliníkové pásky a na rub narýsujeme schéma podle obr. 3. Schéma na obrázku není v měřítku. Na čtyři pásky centimetrové šířky si na levém okraji naznačíme také zakulacení konců (naznačeno červenou barvou). Na dva pásky široké 2 cm si dorýsujeme úpravu šířky uprostřed pásků a zakulacení na třech koncích podle obr. 4. Šířka pásku v zúžení je přibližně 1 cm.

V případě použití mísy jiného tvaru a rozměrů je třeba rozměry pásků upravit (změřte si je krejčovským nebo papírovým metrem). Na obr. 4 odpovídá délka zúžené části průměru dna mísy, pak se pásky rozšiřují, jak se na stěně mísy postupně dostávají dále od sebe. Základní délka širokých pásků je součtem průměru dna a 2× délky vnitřní stěny, jeden má však na jedné straně delší část pro vytvoření kontaktu VN. Délka tenkých pásků se naměří od okraje dna až na vnější povrch mísy (mohou pomoci obr. 5 a 6). Nejdelší (a nejtenčí) pásek musí být o několik centimetrů delší, než jsou tři čtvrtiny vnějšího obvodu mísy v místech, kde budou končit krátké pásky. Z této rezervy se vytvoří druhý kontakt VN.



Obr. 3. Základní schéma rozkreslení pásků na rub hliníkové pásky. Její délka je 50 cm.



Obr. 4. Podrobné rozkreslení na široké (dvoucentimetrové) pásky.

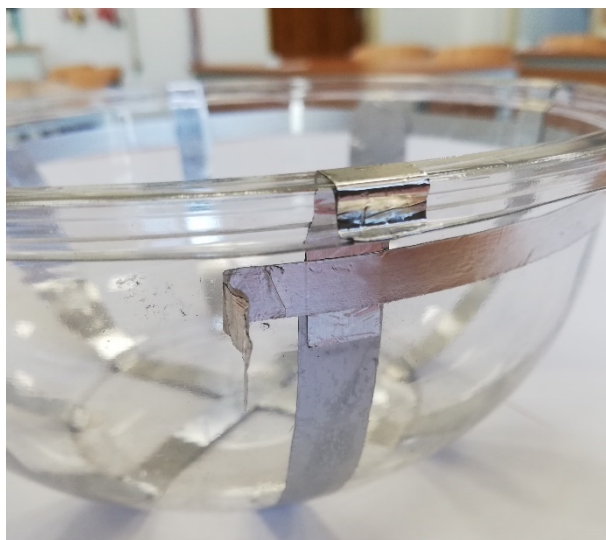
2. Vystříhneme všechny pásy včetně naznačených zakulacení. Šrafované části širokých pásků se odstříhnou (a vyhodí). Zbývající šrafovaná část tvaru L (na obr. 3 vpravo nahoře; bude mít jiné proporce – obrázek není v měřítku) se může uschovat pro případné opravy.

Máme tedy 4 pásy délky 15 cm a šířky 1 cm, zakulacené na jednom okraji, 1 pásek šířky 2 cm délky 24 cm, uprostřed zúžený na 1 cm a zakulacený na obou okrajích, 1 pásek šířky 2 cm délky 30 cm, zúžený na 1 cm (ne uprostřed) a zakulacený na jednom okraji, 1 pásek délky 50 cm a šířky 0,8 cm a zbylý ústřížek L.

3. Nyní budeme postupně lepit pásy do mísy, rady pro lepení pásků jsou popsány v bodě 7. Začneme zakulaceným okrajem delšího širokého pásu (hlavní osou) těsně pod vnitřním okrajem přesně na opačné straně mísy, než je její „výstupek“/chytátko (pokud jej použítá mísa má; na obr. 1 je „chytátko“ vidět vpravo, začneme tedy na opačné straně vlevo). Pásek lepíme na vnitřní povrch mísy přes střed dna znovu na opačný okraj, při lepení kopírujeme přesně všechny záhyby prolisů mísy. První pás by měl skončit zvnějšku mísy na výstupku/chytátku, oblepí jej svrchu i zespodu, to bude první z kontaktů pro připojení VN.

Pokud mísa výstupek/chytátko nemá, začneme lepit první pás stejně, jak je popsáno výše, přes libovolný průměr mísy. Na druhém konci (delším) vytvoříme kontakt pro připojení VN např. tak, že jej dolepíme až po okraj mísy, trčící konec ohneme k vnější stěně mísy, koneček k ní zvnějšku přilepíme (např. 2 až 3 cm) a vzniklou smyčku slepíme k sobě.

4. Druhý široký pás nachystáme tak, aby byl kolmý na první široký pás, začneme opět pod horním okrajem uvnitř mísy a opatrně jej nalepíme tak, aby uvnitř vznikl pravouhlý kříž se středem ve středu dna.
5. Dále nalepíme všechny čtyři tenké pásy, každý v ose jednotlivých kvadrantů (výsečí). Začneme tentokrát vždy ode dna zakulaceným okrajem, lepíme směrem k hornímu okraji a to tak, že na ploché části dna bude přibližně jen 1 až 1,5 cm pásu. Důležité je, aby mezera směrem k sousedním širokým páskům zůstala alespoň 1,5 cm (radši více), jinak by mohly sousedící pásy probíjet vzduchem. Pásek je úmyslně delší než délka vnitřní stěny a přelepí se přes okraj (pečlivě všemi záhyby!) až na vnější povrch mísy. Hranatý konec skončí pár centimetrů pod okrajem.
6. Zbývá nám propojit konce čtyř tenkých pásků na vnějším povrchu mísy a vytvořit na tomto propojení druhý kontakt pro připojení VN. Pro tento účel použijeme zbývající nejdelší pásek (šířky 0,8 cm). Začneme u konce pásu vedle prvního kontaktu VN (tj. vedle chytátka; na obr. 6 a 7 to byl ten nalevo) a ve směru od něj lepíme pásek vodorovně po vnějším obvodu tak, abychom postupně propojili konce všech čtyř tenkých pásků. Oblepíme tak vlastně tři čtvrtiny vnějšího obvodu mísy. V některém místě (např. naproti chytátku, v poslední čtvrtině, na posledním připojovaném pásku) slepíme část pásu k sobě tak, aby k němu šla přichytit krokosvorka. Vznikne tak druhý kontakt VN (kousek pásu trčící od mísy, obr. 5). Tím je urychlovač hotový.



Obr. 5. Detail vytvoření druhého kontaktu na konci vodorovného pásku. Lze jej vytvořit i na jiném místě na obvodu misky.

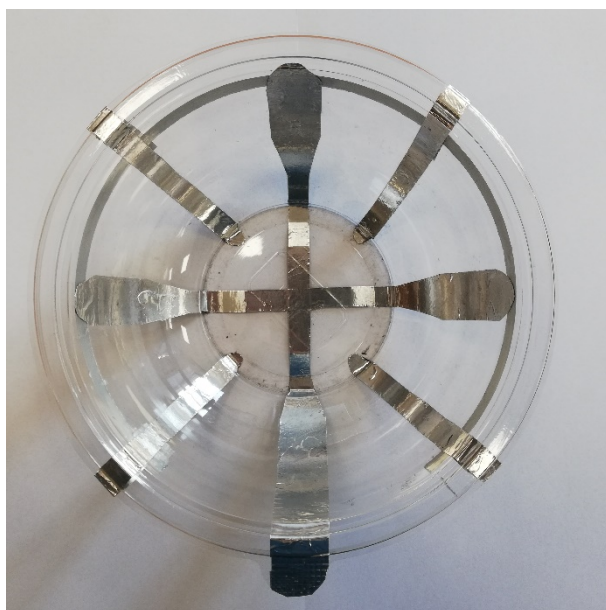
7. Rady pro lepení pásků:

Doporučuji postupně odlepovat rubovou vrstvu, centimetr za centimetrem přilepovat pásek a neustále kontrolovat správný směr. Pečlivě oblepujeme všechny prolisy.

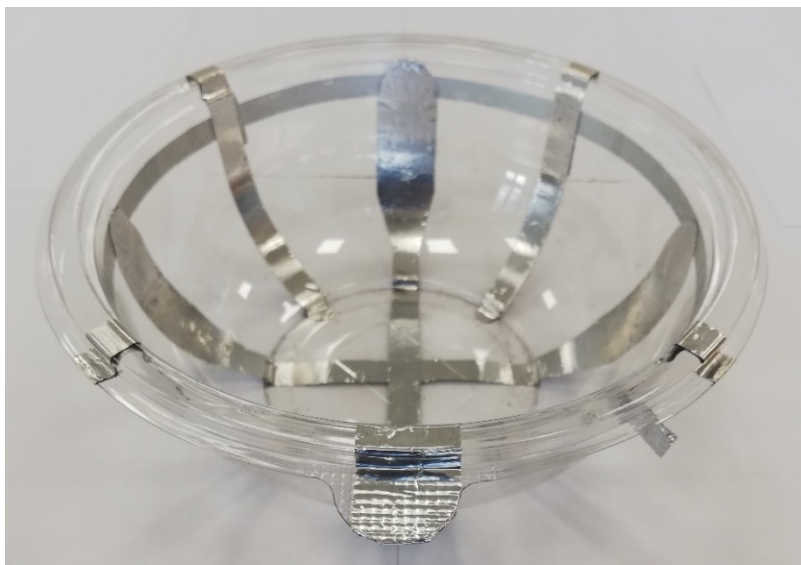
Po nalepení pásku pečlivě vyhladíme všechny bublinky a skrčení při okrajích, osvědčilo se dělat to nehtem na plocho proti něčemu pevnému (např. desce stolu).

Samotné lepidlo vodivé není, při nízkém napětí má nezanedbatelný odpor. Při použití vysokého napětí jsou však lepené spoje dobře propojené přes uhlazené hrany.

Výsledek lepení (body 3, 4, 5, 6) by mohl vypadat podobně jako na obr. 6 a 7. Na obdobné provedení se můžete podívat také na [6], kde v druhé části najdete ještě návod na elektrostatický motor.



Obr. 6. Pohled shora, „chytátko“ je na 6. hodině.



Obr. 7. Pohled zešikma, „chytátko“ zcela vpředu, vpravo a vlevo jsou dobře vidět dobře oblepené prolisy na horním okraji misky, vpravo dole trčí druhý kontakt na připojení VN.

8. Na závěr připravíme částici – pouhlíkujeme polystyrenovou kuličku. Trochu uhlíkového prášku nasypeme do jednorázové gumové rukavice (příp. plastového sáčku), dovnitř dáme polystyrenovou kuličku a přes stěnu rukavice ji mneme mezi prsty. Je třeba trochu přitlačit, jako kdybychom něco masírovali, ale přitom nesmíme kuličku zdeformovat. Prášek se docela dobře do polystyrenu nachytá a kulička pak ani příliš nečerní. Dobře pouhlíkováná kulička by měla být spíše tmavošedá, ne světlešedá.



Obr. 8. Grafitový prášek, rukavice, polystyrenová kulička vykukující.



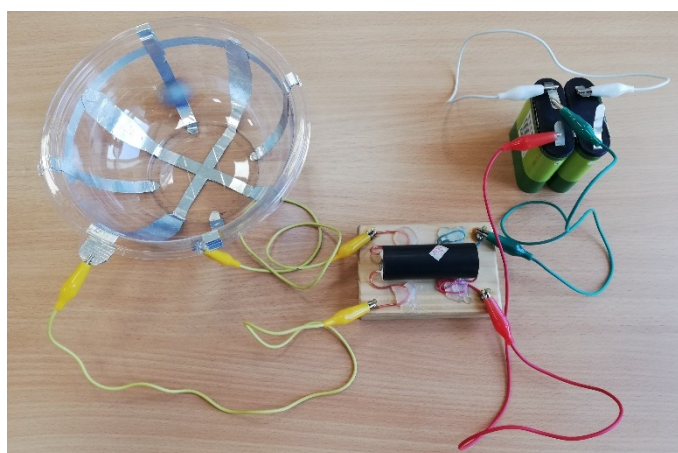
Obr. 9. Polystyrenové kuličky – bílá bez úpravy, světle šedá jen slabě vodivá, tmavě šedá až černá s dobře vodivým povrchem.

Spuštění urychlovače

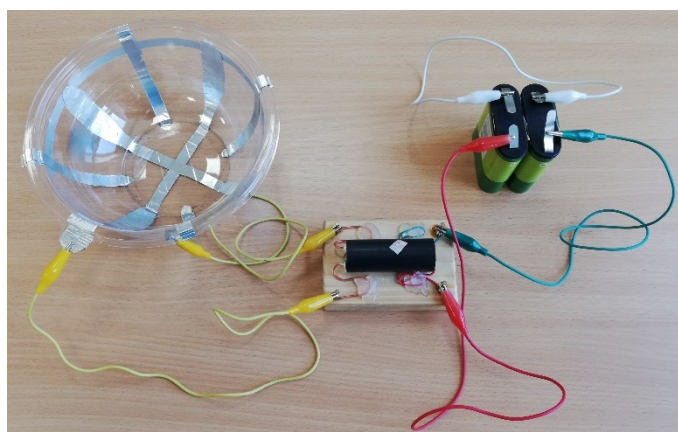
K prvnímu a druhému kontaktu urychlovače připojíme zdroj vysokého napětí a dovnitř vhodíme částici a připojíme baterii. Sledujeme, jak se částice chová, zda se jedná o chaotické poskakování, nebo se pohyb ustálí a částice začne pravidelně obíhat. Velkou roli hraje dobré vyhlazení okrajů pásků a také velikost napětí. Je-li příliš velké, kulička se může chovat hodně chaoticky. Občas se také stane, že se tak krásně urychluje, až z mísy vyskočí.

Pokud se kulička nezačne sama hýbat, většinou stačí do mísy lehce fouknout. Jen ovládneme běžný instinkt, že když se něco nehýbe, je to bezpečné, a nechtejme na kuličku rukou. Od některých VN zdrojů jsou výboje opravdu bolestivé...

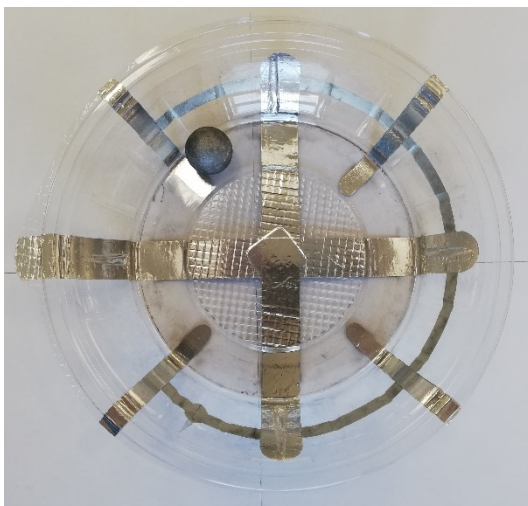
Různé varianty zdrojů, urychlovačů a jejich zapojení jsou na následujících obr. 10 až 15. Výčet není kompletní.



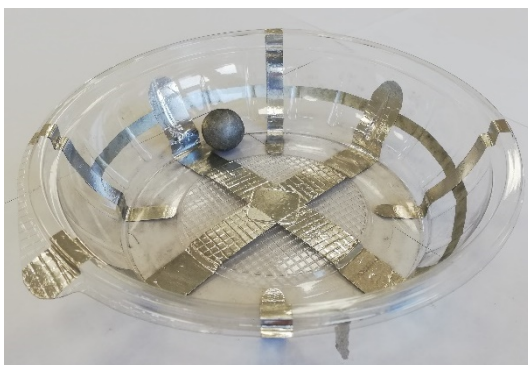
Obr. 10. Připojení urychlovače k levnému zdroji VN, napájeného pomocí červeného a zeleného vodiče jednou plochou baterií (levou). Pravá baterie je již připravena na sériové zapojení obou baterií (viz další obrázek). Pohybující se kulička je lehce rozmazaná (v horní části mísky).



Obr. 11. Jednoduchým přepojením zeleného vodiče z levé baterie na pravou získáme vyšší napájecí napětí VN zdroje, a tedy i vyšší napětí výstupní. Kulička se proto bude pohybovat viditelně vyšší rychlostí, na fotce je již velmi rozmazaná (v misce vlevo). Obě fotky na obr. 10 a 11. byly foceny se stejnou expozicí.



Obr. 12. Pohled shora na misku jiného typu, „chytátko“ je na 9. hodině, na 7. hodině je vidět druhý kontakt.



Obr. 13. Pohled shora na misku jiného typu, „chytátko“ je na 8. hodině, vpředu je vidět druhý kontakt visící dolů.



Obr. 14. Varianta „velká mísa z tvrdého plastu“ s pingpongovým míčkem a polystyrenovou kuličkou, vpředu vykukuje druhý kontakt.



Obr. 15. Připojení varianty „velká mísa z tvrdého plastu“ ke školnímu zdroji VN P3127-1V.

Princip

Pouhlikovaná kulička se chová jako vodič v elektrickém poli. Buď je kulička na začátku v mezeře a po připojení VN se začne pohybovat k bližšímu pásku díky elektrostatické indukci v elektrickém poli, nebo se rovnou nějakého pásku dotýká a po zapnutí zdroje se nabije na stejný elektrický potenciál (např. na kladném pásku nábojem kladným). Proto se začne s páskem odpuzovat a pohne se k tomu ze dvou sousedních pásků (oba nabitě záporně), který ji v této chvíli více přitahuje. Jakmile se jej ale kulička dotkne, nabije se jeho nábojem (záporným) a opět se od něj odpuzuje. Díky setrvačnosti má tendenci pohybovat se v původním směru k dalšímu pásku, ten je nabitý kladně, a celá situace se opakuje. A my se radujeme z dobře odvedené práce 😊.

Rychlost pohybu

Rychlost ustáleného pohybu kuličky závisí mimo mechanických vlastností také na rozdílu elektrických potenciálů mezi sousedními pásky, tedy na velikosti připojeného napětí. To se dá pěkně ověřit u všech VN generátorů – připojením postupně jedné a dvou sériově zapojených plochých baterií jako zdroje napětí posledně zmíněného VN generátoru, nebo změnou rychlosti otáčení klikou u indukční elektriky a Van de Graafova generátoru anebo nastavením napětí potenciometrem školního VN zdroje P3127-1V.

Jako námět pro další experimentování přidávám návrh na měření úhlové nebo obvodové rychlosti částice pomocí videoanalýzy nebo i jen prosté určení frekvence a periody tohoto pohybu.

Porovnání se skutečnými urychlovači částic

Většina skutečných urychlovačů také používá elektrické pole, aby v nich částice (např. elektrony, protony, ionty) získávaly vyšší a vyšší rychlost, i když v částicovém světě spíše mluvíme o vyšší a vyšší energii. Hlavní rozdíl je v tom, že v našem urychlovači využíváme stále stejné napětí, periodicky nabíjíme kuličku jedním a opačným nábojem. Reálné

částice mají ale stále stejný elektrický náboj, který se nemění. Proto je třeba velmi, ale opravdu velmi rychle přepínat napětí na opačné tak, aby se částice přitahovala k následující elektrodě a odpuzovala s předchozí. V reálných urychlovačích se takové zařízení jmenuje radiofrekvenční kavita (dutina), která pomocí elektromagnetického vlnění dokáže toto rychlé přepínání zajistit.

Délka největšího okruhu v CERNu, tzv. Large Hadron Collider (LHC), je 26 659 m. Protony se uvnitř pohybují 99,999 999 % rychlosti světla ve vakuu a za jednu sekundu oběhnou tento okruh 11 245krát. Každý ze dvou svazků urychlovaných částic projde během jednoho oběhu osmi radiofrekvenčními kavitami chlazenými na 4,5 K, tj. -268,6 °C, maximální urychlující napětí je 2 MV. Proton by tak za jeden oběh mohl teoreticky získat energii 16 MeV, ve skutečnosti je to méně. Urychlení svazku protonů v LHC z energie 0,45 TeV (výstup z urychlovače SPS = Super Proton Synchrotron) na požadovaných 7 TeV trvá asi 20 minut.

Dalším rozdílem je samozřejmě velikost urychlovaných částic a naší kuličky. Urychlované částice jsou neviditelné a každá molekula vzduchu je může vychýlit z jejich trajektorie. Musíme je tedy umět dobře sledovat a řídit jejich pohyb uvnitř vysoce vakuované trubky (např. průměru 56 mm). K tomu se používají velmi silné dipólové supravodivé magnety, které musí být chlazeny na teplotu pouhých 1,8 K, tj. -271,3 °C. V našem urychlovači se kulička prodírá vzduchem, který ji neustále brzdí. Na zakřivení trajektorie nám stačí stěna misky – polystyrenová kulička by se ráda pohybovala po přímce, ale v cestě jí stojí vnitřní stěna misky. Kulička na ni tlačí, ale miska jí to podle zákona akce a reakce oplácí stejnou měrou a zakřivuje tak její trajektorii podél stěny.

Částice se urychlují ve svazcích ve velkém množství najednou (např. jeden „bunch“ v LHC má 120 miliard protonů). Kvůli stejnému náboji se však navzájem odpuzují, proto se musí svazek neustále zaostřovat a zahušťovat dalšími soustavami supravodivých magnetů (kvadrupólové, sextupólové, oktapólové).

Na další rozdíly třeba narazíte sami, nebo se je dočtete v příloze 2 a na vzdělávacích stránkách CERNu a dalších vědeckých institucí.

Bezpečnost

Před použitím VN zdroje se nezapomeňte ujistit, že nikdo z přítomných nemá kardiostimulátor, nebo také inzulinovou pumpu nebo podobné elektronické zařízení citlivé na silná elektrická pole. A opravdu kuličku v míse při zapnutém zdroji nechtejte holou rukou ☺.

CERN – studnice informací, výukových materiálů a vzdělávacích aktivit

Na webových stránkách CERNu je k dohledání mnoho zajímavých informací, výukových materiálů a různých aktivit. Jako u každé instituce jednou za čas dojde k takovým změnám webu, že původní odkazy už nefungují. Přesto jich zde několik uvedu, i v budoucnu je totiž bude snadné dohledat zadáním vhodných klíčových slov do vyhledávače internetu. Webové stránky a materiály jsou obvykle v angličtině a francouzštině.

Rozcestník, částicová fyzika, urychlovače, experimenty

- Aktuální rozcestník je zde [8]. Najdete zde několik klíčových odkazů pro učitele, studenty a děti.
- Částicová fyzika – vše o standardním modelu a současném poznání světa s mnoha dalšími odkazy [9].
- Velmi dobře zpracovaný web věnovaný všem typům urychlovačů, které jsou v CERNu nyní v provozu, připravují se nebo už jsou jen historickou vzpomínkou [10].
- Popis principů a zaměření jednotlivých experimentů (měřicích zařízení) v CERNu [11].

Výukové materiály a soutěže

- Mnoho zajímavých materiálů do výuky – např. návod na mlžnou komoru nebo využití 3D tisku – je zde [12].
- Můžete se se žáky také zúčastnit soutěže Beamline for Schools [13].
- Zpracování dat ze srážek částic v CERNu můžete vy a vaši žáci zažít také při účasti na akce International MasterClasses – Staň se na den částicovým fyzikem. Každoročně ji organizují v prezenční i a v posledních letech i online formě v Praze a Olomouci. Odkazy na weby těchto aktivit najdete [14] a [15].

Video o CERNu

- Videoanimace o systému urychlovačů v CERNu [16].
- Videoanimace o systému přenosu a zpracování obrovského množství dat naměřených při srážkách částic [17].

Závěr

Chtěl bych poděkovat svým vzorům na poli školské experimentální fyziky za připomínky, rady a celoživotní inspiraci, zvláště pak Jiřímu Dolejšimu a Zdeňku Polákovi.

Rád bych také poděkoval účastníkům mé dílny za reakce, nápady a projevy radosti z výsledného experimentu. Doufám, že se dílo podaří také čtenářům tohoto článku. V případě potřeby mě kontaktujte.

Literatura

- [1] A particle accelerator in your salad bowl – Science in School. Science in School – scienceinschool.org [online]. Dostupné z: <https://www.scienceinschool.org/article/2017/particle-accelerator-your-salad-bowl/>
- [2] Sheehy S.: Accelerator bowl [online]. Copyright © [cit. 27.10.2021]. Dostupné z: <https://intranet.royalholloway.ac.uk/physics/documents/pdf/outreach/saladbowlacceleratorbackground.pdf>
- [3] Salátová miska PREMIUM průhledná 1000 ml (PET) (50 ks) | Hlavní členění | obaly-balení.cz . obaly-balení.cz [online]. Dostupné z: <https://www.obaly-balení.cz/salatova-miska-premium-pruhledna-1000-ml-pet-50-ks>
- [4] STOKLASA textilní galanterie a látky [online]. Dostupné z: <https://www.stoklasa.cz/polystyrenove-kulicky-2-cm-x138344>

- [5] Napájecí modul, step-up modul 3-6V/400kV: H A D E X, spol. s r.o. H A D E X, spol. s r.o. [online]. Copyright © [cit. 27.10.2021]. Dostupné z: <https://www.hadex.cz/m391-napajeci-modul-step-up-modul-3-6v400kv/>
- [6] Salad Bowl Accelerator - YouTube. YouTube [online]. Copyright © 2021 Google LLC [cit. 27.10.2021]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=8NQtiVGOAI8>
- [7] Particle Accelerator Concept Using Ping Pong Ball - YouTube. YouTube [online]. Copyright © 2021 Google LLC [cit. 27.10.2021]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=EKxzXAJvB8>
- [8] Students & Educators | CERN. Home | CERN [online]. Copyright © [cit. 01.11.2021]. Dostupné z: <https://home.cern/students-educators>
- [9] Physics | CERN. Home | CERN [online]. Copyright © [cit. 01.11.2021]. Dostupné z: <https://home.cern/science/physics>
- [10] Accelerators | CERN. Home | CERN [online]. Copyright © [cit. 01.11.2021]. Dostupné z: <https://home.cern/science/accelerators>
- [11] Experiments | CERN. Home | CERN [online]. Copyright © [cit. 01.11.2021]. Dostupné z: <https://home.cern/science/experiments>
- [12] Classroom Activities | S'Cool LAB. S'Cool LAB [online]. Copyright © [cit. 01.11.2021]. Dostupné z: <https://scoolab.web.cern.ch/classroom-activities>
- [13] Home | A Beamline for Schools. Home | A Beamline for Schools [online]. Copyright © [cit. 01.11.2021]. Dostupné z: <https://beamlineforschools.cern/>
- [14] Domů. Domů [online]. Copyright ©2021 Katedra fyziky FJFI ČVUT v Praze [cit. 01.11.2021]. Dostupné z: <https://mc.casticova-fyzika.cz/>
- [15] Masterclass: Hands on particle physics in Olomouc 26. 2. 2021. [online]. Copyright © PŘF UP Olomouc [cit. 01.11.2021]. Dostupné z: <https://www.exfyz.upol.cz/didaktika/masterclass/>
- [16] CERN Animation of CERN accelerator network - YouTube. YouTube [online]. Copyright © 2021 Google LLC [cit. 01.11.2021]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=RDdPuL-uOQc>
- [17] Processing LHC Data - YouTube. YouTube [online]. Copyright © 2021 Google LLC [cit. 01.11.2021]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=jDC3-QSiLB4>

Lodky a lodičky 2

Kateřina Lipertová

Církevní gymnázium Plzeň

Abstrakt

Obsahem tohoto příspěvku je podrobný popis výroby lodičky na parní pohon a lodičky na pohon gumičkový, které si účastníci vyráběli na stejnojmenné dílně na setkání Heuréky 2021. Příspěvek navazuje na příspěvek Lodky a lodičky ze sborníku Heuréky 2019.

Proč zase lodičky?

Ve sborníku Heuréky [1] z náchodského setkání 2019 jsem představila celou flotilu lodiček, které v různých obměnách často vyrábím se svými žáky a které se mnou dopluly až do Lisabonu na festival Science on Stage. Ukázky lodiček na různé druhy pohonů jsem shromáždila i do videa [2]. Během setkání v Náchodě v roce 2019 jsme stihli vyrobit „jen“ lodičku s vrtulí do vzduchu, a tak jsem se v roce 2021 rozhodla pro pokračování dílny, tentokrát šlo o výrobu lodičky parní a lodičky na gumičkový pohon.

Ku pomoci jsem si na dílnu přivezla dva asistenty, Járu Schaffera a Matyáše Korbu, moje bývalé žáky, kteří již několikrát lektorovali výrobu parních loděk na letním fyzikálním táboře CG v Plzni i během setkání učitelů Elixíru do škol. Výroba parních loděk není aktivita pro jednoho učitele a 33 dětí. Je to přece jen práce vyžadující časté zásahy a dopomoc lektora. Ale výsledek stojí za to a děti nakonec výrobu vždycky zvládnou.

Parní lodička

Tato lodička je v Německu známá pod názvem Putt-Putt-Boot, v anglicky mluvících zemích pak jako Pot Pot Boat. Prodává se již mnoho let v různých variantách, v posledních letech pak jako „retrohračka“. Parní lodička (obr. 1) skvěle demonstruje přeměnu tepelné energie na pohybovou a dá se použít jako příklad Newtonova zákona akce a reakce. Přidáte-li ještě kormidlo, bude ladně plout dokola, nebo přímo. Jak jen si budete přát.



Obr. 1. Parní lodička.

Naprostou zásadní položkou je samozřejmě bazén, ve kterém budete lodičky pouštět. S umyvadlem rozhodně nevystačíte. Nafukovací bazény také nejsou pro parní lodičky vhodné. Koupila jsem si cosi o rozměrech $100 \times 100 \times 12$ cm [3], co se jmenuje plastová vana pod květináče. Je dostatečně pevná na to, abych ji dala i s vodou na stůl, což umožní pohodlné pouštění lodiček (obr. 2). A je samozřejmě použitelná i pro všechny další typy lodiček.



Obr. 2. Testování lodiček v plastové vaně, letní fyzikální tábor CG 2020.

Další možností je pouštět lodičky v okapu. Ten náš školní je dlouhý dva metry, děti mu říkají kanál La Manche a pro přímou plavbu je dobrým řešením. Kormidlo využijete i v okapu pro stabilizaci přímého směru plavby.



Obr. 2. Testování lodiček v okapu, setkání Elixíru do škol, Plzeň 2018.

Na výrobu parní lodičky je třeba:

- plechovka od rybiček (oválná)
- mosazná trubička 3×0,5 (prodává např. MPJet [4])
- kulaté šídlo (OBI, Hornbach, Bauhaus)
- dvousložkové epoxidové lepidlo (OBI, Hornbach, Bauhaus)
- pilka na železo
- kladívko
- truhlářská svorka (obr. 5)
- kousek plechu z plechovky od piva
- kousek silnějšího drátu (specifikováno v textu níže)
- kousek vatičky
- líh
- sirky (nebo zapalovač)
- plastová injekční stříkačka (bez jehly)

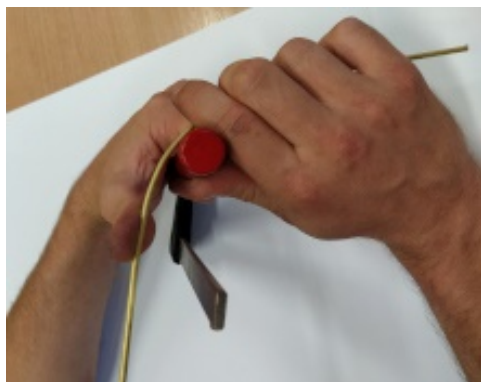
Popis výroby

- 1) Napřed si uřízneme pilkou na železo mosaznou trubičku. Ta se prodává v délce 1 metr. Rozřežeme ji na 3 stejně dlouhé části a budeme mít připraven materiál na tři lodičky. Řežeme opatrně (obr. 4), aby se nám ústí trubičky nezploštilo. Znemožnili bychom tak nasávání vody a vypouštění páry.

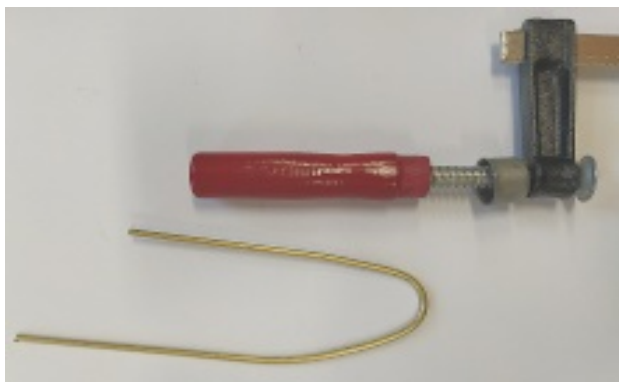


Obr. 4. Řezání mosazné trubky.

- 2) Začneme ohýbat mosaznou trubku. Opět velmi opatrně a pomalu, aby nedošlo k jejímu zploštění. Poté, co jsme vyzkoušeli různé velmi sofistikované konstrukce k ohýbání, se nám nakonec nejvíc osvědčila obyčejná truhlářská svorka (obr. 5), držadlo má přesně průměr (cca 2,1 cm), který potřebujeme, a dobře se drží v ruce. Jeden konec trubičky zůstane po prvním ohnutí trochu delší než druhý (obr. 6).



Obr. 5. Ohýbání mosazné trubičky.



Obr. 6. Truhlářská svorka a ohnutá trubička.

- 3) Pomocí svorky dotočíme první závit na trubičce (obr. 7).



Obr. 7. První závit.

- 4) Pokračujeme s druhým závitem (obr. 8).



Obr. 8. Druhý závit.

- 5) Pokračujeme s dotáčením závitů do tvaru jako na obr. 9. Jeden konec trubičky je níž než druhý.



Obr. 9. Dotočená trubička.

- 6) Připravíme si plechovku, šídlo a kladívko. Do plechovky uděláme dva otvory tak, aby se do nich za chvíli dala nasadit zatočená trubička (obr. 10).



Obr. 10. Prorážení díry pro trubičku.

- 7) Zatočenou trubičku nasadíme do plechovky trochu šikmo, aby po položení lodičky na vodu byly oba konce trubičky pod hladinou a zároveň mířily spíš za lodičku, než na dno (obr. 11).



Obr. 11. Zasazení trubičky do plechovky.

- 8) Trubičku do plechovky vlepíme dvousložkovým epoxidovým lepidlem a necháme zaschnout. Lepidlo musí odolávat vodě i vyšším teplotám. Jinak skoro všemocná tavná pistole není proto v tomto případě dobrá volba.
- 9) Na zadní část plechovky mezi dva konce trubičky přilepíme epoxidovým lepidlem cca 4,5 cm mosazné trubičky. Vznikne tak držák na kormidlo (obr. 12).

- 10) Ze silnějšího drátu o délce cca 13 cm a kousku plechovky od piva vyrobíme pomocí epoxidového lepidla kormidlo. Vnitřní průměr mosazné trubičky je 2 mm, drát by měl trubičkou projít a natěsno v ní držet tak, aby kormidlo drželo na místě, ale bylo jím možné otáčet. Napřed vytvarujeme z drátu tvar L, přilepíme kousek plechu, protáhneme trubičkou a teprve pak ohneme do tvaru U (obr. 12).



Obr. 12. Kormidlo.

- 11) Pomocí injekční stříkačky (bez jehly) naplníme trubičku vodou a lodičku opatrně položíme na hladinu vody.
- 12) Kousek vatičky namočíme do lihu, vyždímáme, umístíme do lodičky pod závit trubičky a zapálíme (sirkami, nebo zapalovačem). Vatička s lihem se nám osvědčila víc než malá svíčka, tradičně doporučovaný zdroj tepla. Ve videu [2] je v čase 2:44 vidět v detailu plnění trubičky vodou i následná akce zapalování.
A můžeme vyplout!

Princip fungování parní lodičky je jednoduchý. Zahřátá voda v trubičce se přemění na páru, ta se rozpíná, odchází jedním koncem trubičky ven, na její místo se nasaje druhým koncem trubičky další voda a celý proces se opakuje. Lodička se pak na principu akce a reakce pohybuje vpřed.

Během jednoho školního fyzikálního tábora jsme se s dětmi pustili i do designování lodiček. Děti z plechovek od piva vyráběly různé kabiny, komíny apod., kterými pak doplňovali svoje loďky. Někteří pak celé své dílo ještě natírali barvou. Tuto nadstavbovou aktivitu po našich zkušenostech nedoporučuji. Stabilita lodiček se tím velmi zhoršila. A zahřátý Balakryl také není nic doporučeného. Zůstaňte u původního modelu. Někdy je méně opravdu více.

Lodička na gumičkový pohon

Tenhle typ lodičky je výrobně úplně nenáročný, vhodný i na výrobu s malými dětmi. Ale nepodceňovat! Jede krásně a užijete si s ní spoustu zábavy.



Obr. 13. Lodička na gumičkový pohon.

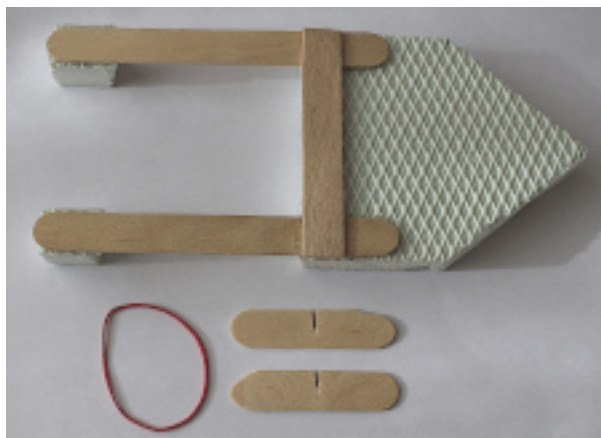
Na výrobu gumičkové lodičky je třeba:

- kousek styroduru (tloušťka 20 mm, OBI, Hornbach, Bauhaus)
- odlamovací řezák
- pravítko
- tužka
- dřevěné špachtle velké (150×18×1,8 mm, prodávají se též jako lékařské lopatky)
- tavná pistole
- gumička

Popis výroby

Postup výroby je dostatečně zřejmý už z obr. 13. Styrodur používám ráda na výrobu různých druhů lodiček. Je oproti polystyrenu pevný, ale přesto ho uříznou snadno i malé děti. Dá se řezat i řezačkou polystyrenu, je-li k dispozici. Což je mimochodem pro děti velmi oblíbená „hračka“.

- 1) Uřízneme si řezákem obdélník ze styroduru, třeba 10×12 cm. Seřízneme špičku.
- 2) Připravíme si ještě další dva malé kousky styroduru jako zadní koncové plováky.
- 3) Na styrodur přilepíme pomocí tavné pistole dvě dřevěné špachtle, na ty pak na konci dva plováky. Třetí špachtli můžeme přilepit kolmo na dvě předešlé kvůli zpevnění, ale není to nutné.
- 4) Jednu špachtli rozřízneme napůl řezákem. Dotvarujeme oblé hrany na všech okrajích. Vždy v polovině nově vzniklých „půlšpachtlí“ uděláme zářezy do poloviny šířky (obr. 14).



Obr. 14. Lodička a „koleso“ před složením.

- 5) „Půlšpachtle“ do sebe zasuneme, vznikne „koleso“.
- 6) Gumičku navlečeme na špachtle, zasadíme do ní „koleso“ (obr. 13). „Kolesem“ chvíli otáčíme v opačném směru, než se bude při plavbě loďky pohybovat.
- 7) Lodičku položíme na vodu. A vyplouváme!

Lodička velmi názorně demonstruje přeměnu energie, kterou jsme uložili „do gumičky“, na energii pohybovou a je opět hezkým příkladem zákona akce a reakce. A skýtá mnohé otázky k bádání. Co se stane, když na gumičku natočím víc závitů? Co když použiji větší „koleso“? Co když použiji místo „kolesa“ „dvojlžičku“ (obr. 15)? Bude se při stejném počtu závitů plavba nějak lišit? Co když natočím gumičku v protisměru? Pro srovnání je možné vyrobit také „pádlo“ slepené ze dvou kousků špachtle, mezi které před slepením vložíme gumičku. Konce pak slepíme třeba elektrikářskou páskou.



Obr. 15. Různé druhy pádel pro gumičkovou lodičku.

Závěr

Jak už jsem psala ve svém minulém lodičkovém příspěvku, jedno je jisté. Pokud vyrobíte jednu lodičku, budete chtít vyrobit další a další. A že lodičková radost není doménou jen malých dětí, je zřejmé z obr. 16. Přeji příjemnou výrobu i plavbu.



Obr. 16. Účastníci lodičkové dílny, setkání Heuréky, Smíchov 2021.

Odkazy a literatura

- [1] Lipertová K.: Lodky a lodičky. In: Dílny Heuréky 2019. Sborník konference projektu Heuréka. Dostupné online:
https://kdf.mff.cuni.cz/heureka/former/sborniky/DilnyHeureky_2019.pdf
- [2] Lipertová K.: DIY Boats (for Kids). Dostupné online:
<https://www.youtube.com/watch?v=7CoBQyBRIQQ>
- [3] www.specialnizahradnictvi.cz
- [4] <https://mpjet.com/shop/cs/trubky/2196-trubka-mosaz-3x05-mm.html>

Chemie v rukách fyzika

Adéla Marschallová Rumlerová

Gymnázium Josefa Jungmanna, Litoměřice

Abstrakt

To, že chemie a fyzika mají dost společných témat, je všem jasné. Ovšem pohled chemika a fyzika na jednu a tu stejnou věc může být trochu odlišný. Tato dílna se snažila přiblížit fyzikářům pohled chemikáře na téma Vlastnosti látek. V první části byly zvoleny demonstrační experimenty se zaměřením na hořlavost, které měly za cíl vtáhnout „diváka“ do bádání a vyvolat spousty otázek JAK? PROČ?

Druhá část patřila práci ve skupině. Byly zvoleny jednoduché experimenty na téma vlastnosti látek (hustota, pH, skupenství).

Demonstrační experimenty

Složení materiálu

První položená otázka je k zamyšlení: Co spojuje špejli, vatou a papírový kapesník? Odpovědí je mnoho (najdeme je doma; používám to; umím to vše pojmenovat; ani jedno nepatří do záchodu, ...). Děti vhodnými otázkami navádíme, aby přišly na společný materiál → dřevo / celulózu.

Na tabuli napíšeme prvky, ze kterých celulóza je **C H O** (uhlík, vodík a kyslík) přesněji **(C₆H₁₀O₅)_n**. Začneme pokládat otázky: Co se stane, když rozlámu špejli, roztrhám kapesník nebo vatou? Změním nějak složení látky? Ne. Co se stane, když dané předměty zapálím? Který bude hořet nejrychleji? Pokud shoří, na co se přemění? Po úvodních otázkách zahájíme samotné experimenty.

Hořlavost

A)

Uchopíme špejli, zapálíme a necháme dítě popisovat, co vidí. To stejné uděláme s papírovým kapesníkem a vatou, které držíme v ocelových kleštích. Porovnáme rychlost hoření, kvalitu plamene a diskutujeme, co zapříčinilo rozdíl v hoření a jaké je využití této znalosti v praxi.

Je potřeba se zamyslet, kam naše celulóza zmizela. Platí přeci pravidlo, že to, co do reakce vstoupí, z ní také vystoupí ☺ Kde máme naše (C₆H₁₀O₅)_n? Navádíme k tomu, aby děti přišly na to, že při hoření tohoto materiálu vznikne oxid uhličitý (CO₂). A kde je náš vodík? Ten se nám sloučí s kyslíkem a vznikne voda (H₂O).

Zde je možné upozornit na ireverzibilní a reverzibilní děj. Zda lze tuto reakci nějak vrátit a znovu z reaktantů CO₂ a H₂O vyrobit produkt (C₆H₁₀O₅)_n? Můžeme dětem připomenout fotosyntézu.

B)

Co se stane, když kapesník **namočíme do vody** a budeme se ho snažit zapálit? Bude hořet? ANO / NE? Obě odpovědi jsou správně. Nejprve ne, jelikož voda brání dosažení

zápalné teploty celulózy. Ovšem kapesník začne „kouřit“ i když nehoří. Děti přijdou na to, že nehoří, ale suší se (voda tedy mění své skupenství a vypařuje se). Po čase suché místo začne černat a nakonec i hořet. Zeptáme se znovu, jaký význam má při tomto experimentu voda? (voda absorbuje teplo a tím chrání celulózu před dosažením zápalné teploty).

C)

Namočíme další kapesník do **směsi vody a alkoholu 1:1**, uchytíme do kleští a následně ho **zapálíme** – *dopředu složení neprozrazujeme, mluvíme o zvláštní kapalině*. Aby byl plamen dobře vidět, do směsi se přidá chlorid sodný – plamen je pak oranžový díky přítomnosti sodíku. Opět necháme děti popsat, co vidí, co se děje, popř. vysvětlit, co se nestalo i když předpokládaly, že se to stane.

Společně s dětmi odhalíme složení zvláštní kapaliny. Po přičichnutí ke směsi poznají, že se jedná o alkohol – ethanol (i díky všude přítomným dezinfekcím na COVID). Rozebereme s nimi koncentraci směsi, která zapříčinila, že kapesník hořel, ale neshořel a jakou úlohu zde měla voda. Co by se stalo, kdyby poměr směsi alkohol – voda byl jiný (více alkoholu, méně alkoholu).

Vysvětlení: *Alkohol je těkavější než voda, a proto po zapálení hoří páry těkavějšího alkoholu (rychleji se uvolňují). Páry alkoholu hoří na povrchu kapesníku. Teplo, které se uvolňuje při hoření, je pohlcováno vodou. Vrstva vody na povrchu kapesníku se vypařuje, a tím se kapesník ochlazuje. Teplota celulózových vláken nestoupne na zápalnou teplotu, proto se kapesník nezapálí. Kdyby kapesník byl namočen do např. 90% ethanolu, shořel by.*

D)

Jako poslední je zapálení nanitrované celulózy (na první pohled obyčejné papírové kolečko), tzv. **nitrocelulóza**, kterou dobrovolník drží uchopenou palcem a ukazováčkem (není třeba se bát). Po zapálení shoří bezesbytku. A dobrovolník byl doslova zapálen pro vědu.

E)

Důležité: Probereme s dětmi výstražné symboly (*ukážeme symboly jako je hořlavost, oxidující látky, výbušniny*).

Zopakujeme, proč některé látky jsou těmito symboly označeny, co za vlastnosti pak daná látka má, jak takové látky skladujeme, před čím je chráníme).

Společně pak zvolíme vhodný výstražný symbol pro nitrocelulózu.



Obr. 1. Výstražné symboly.

Experimenty ve skupině

1. Poznej materiál hmatem, bez očí

Do dvojic se rozdají vaničky vložené do tmavých sáčků, aby děti neměly možnost očima pozorovat, co je uvnitř. V našem případě vaničky obsahovaly 30 různých pevných předmětů (záleží jen na vás, co dětem dáte prozkoumat - nic ostrého a nebezpečného).

Úkolem je pomocí hmatu, bez využití zraku pojmenovat alespoň 20 materiálů a popř. přímo pojmenovat daný předmět, který se v krabičce uchovává (poznáš, co znáš / s čím ses již setkal).

Př. Korek – zátka

Kov – víčko

Sklo – kulička

Plast – míček

Po cca 25 minutách všechny skupiny vyndají vaničky s předměty ze sáčku a zhodnotí své pozorování. Dají na stranu předměty, které ani při pozorování očima nedokáží pojmenovat, a společně je určíme (balsa, eben, plastová drátěnka, obalové materiály).

V závěru rozdělí všechny předměty do skupin, dle zvoleného kritéria (např. děti MŠ – tvary, barvy; ZŠ – dřevo, kovy, plast, výrobek člověka, přírodní, syntetické).

Tato aktivita baví nejen děti, ale i dospělé. Zde je zapotřebí i spolupráce ve skupině. Domluvit se na pojmenování materiálu / předmětu. Je dobré mít pracovní list, kam se názvy píšou.



Obr. 2. vanička s neznámými předměty, ukrytá v sáčku (vlevo), vanička s neznámými předměty (vpravo).

2. Kapalinová věž

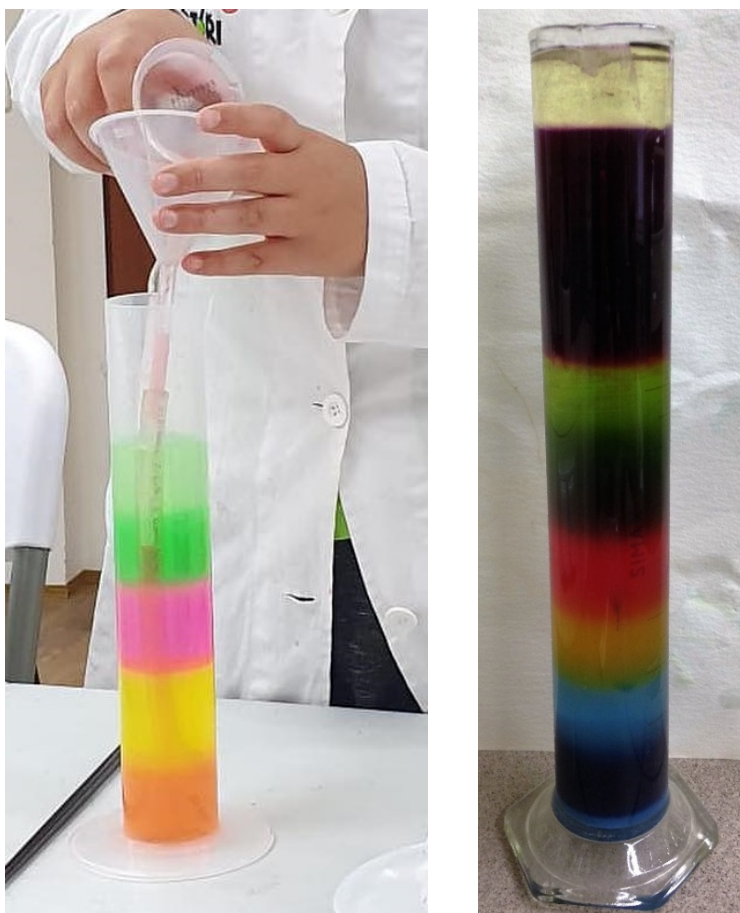
Pomůcky:

Odměrný válec 250 ml (lze nahradit úzkou lahví), nálevka s hadičkou (která dosáhne až na dno), kádinka, tyčinka, lžička, voda, cukr / sůl a barvivo (potravinářské, glycerolové barvy)

Postup pro MŠ a 1. st. ZŠ:

- Do odměrného válce přes nálevku s hadičkou nalijte 50 ml vody.
- Do kádinky se 40 ml vody přidejte tolik cukru, aby hladina stoupla na 45 ml, míchejte, dokud se cukr nerozpustí, pak obarvěte barvivem a nalijte přes nálevku s hadičkou na dno odměrného válce.
- Do kádinky se 40 ml vody přidejte tolik cukru, aby hladina stoupla na 50 ml, míchejte, dokud se cukr nerozpustí, pak obarvěte barvivem a nalijte přes nálevku s hadičkou na dno odměrného válce.
- Do kádinky se 40 ml vody přidejte tolik cukru, aby hladina stoupla na 55 ml, míchejte, dokud se cukr nerozpustí, pak obarvěte barvivem a nalijte přes nálevku s hadičkou na dno odměrného válce.

Pozn. Nalévejte pomalu, aby se vám vrstvy nesmíchaly.



Obr. 3. Vrstveno za použití nálevky (vlevo), vrstveno od nejtěžších, uzavřeno vrstvou oleje (vpravo).

U starších žáků lze místo nálevky s hadičkou postupovat obráceně – od nejvyšších hustot. Lze vrstvit jako barmani přes plavající předmět (např. kousek korkové nebo polystyrenové destičky), která brzdí pád nalévané kapaliny.

Varianta pro 2. st. ZŠ a SŠ:

Pomůcky:

Váhy, laboratorní lžička, 1× malá kádinka (pro vážení) a 5× velká kádinka (pro přípravu roztoků), voda, tyčinka, barvivo (potravinářské), olej (není potřeba)

Postup:

- V kádinkách připravte směs vody a cukru (soli) o rozdílných poměrech (alespoň 5 různých poměrů).
(Žáci si poměry mohou navrhnout sami – je potřeba si vše zapisovat, nebo pedagog dopředu dané koncentrace zadá – např. 10%, 20%, 30%, 40%, 50%.)
- Každý poměr / koncentraci obarvete jinou barvou.
- Vrstvíte do odměrného válce připravené barevné směsi tak, aby se nepromíchaly *(od největší hustoty po nejmenší, nejlépe po stěně popř. zbrzdit pád nalévané kapaliny)*.
- Určete hmotnostní zlomek cukru (soli) ve směsi.
- Napište, o jaký typ směsi se jedná (heterogenní / homogenní). *(Jedná se o heterogenní směs.)*

Otázka pro žáky: Lze nějak rozpouštění cukru / soli urychlit?

(teplá voda, intenzivnější míchání, použít např. moučkový cukr atp.)

Závěr

Téma vlastnosti látek je široké a lze dětem předat mnoha způsoby. Pedagog by měl vždy obtížnost úlohy, připravené pomůcky a využívaný slovník volit s ohledem na cílovou skupinu dětí.

Je potřeba si uvědomit, co od zvolených úloh očekávat:

- Zda chci děti seznámit s novým tématem?
- Naučit je pozorovat a popisovat procesy, které se kolem nich dějí?
- Využít / ověřit teoretické znalosti v praxi? (např. zde výpočet hmotnostního zlomku, přiřazení výstražných symbolů...)
- Nebo jen zaujmout na začátku hodiny?

Předvedené experimenty mají nespočet variací provedení a je jen na vás, zda a jak je do svých hodin zakomponujete. Z praxe víme, že stejná úloha předaná deseti pedagogy různým dětem přinese pokaždé jiný výstup, i když z počátku mohl být cíl i postup stejný 😊

Příloha – pracovní list k aktivitě – Poznej materiál hmatem, bez očí

	materiál	název vzorku
1	<i>dřevo</i>	<i>balsa</i>
2	<i>sklo</i>	<i>kulička</i>
3	<i>kov</i>	<i>alobal</i>
4	<i>papír (celulóza)</i>	<i>kapesník</i>
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

Rozdělení vzorků do skupin na základě vámi určeného kritéria

	<u>Název skupiny – vzorky, které tam patří</u>
1	Přírodní – dřevo, papír, včelí vosk
2	Syntetické – plast, molitan, polystyren
3	
4	
5	

Geometrická optika nejen v akváriu

Barbora Mikulecká

Úžasné divadlo fyziky ÚDiF

Abstrakt

Nemáte ve škole magnetickou sadu na optiku nebo chcete dětem ukázat optiku jiným a možná zajímavějším způsobem? V dílně se zaměříme na pokusy, které se dají udělat za pár korun v akváriu. Některé z nich jsou efektní a děti nadchnou, jiné jsou perfektní didakticky. Řeč bude o zákonech odrazu, lomu, čočkách, totálním odrazu a optických vláknech. Ukážeme si také, jak ve třídě ukázat fata morgánu nebo difrakci. Jako drobnost si odnesete krasohled z plastového zrcadla Vaška Piskače a dám vám tip na další hru pro děti z plastového zrcadla.

Pokusy v akváriu

Co všechno potřebujete k optice v akváriu? Není toho mnoho; stačí akvárium, rozumné šero a laserové ukazovátko. Diskutujme jednotlivé komponenty postupně.

Zatmění

Pokusy v akváriu lze dělat i v horším šeru. Nicméně, jak to tak bývá, čím větší je tma, tím je pokus efektnější. Pokud nemáte vhodnou třídu, kde by bylo šero dostatečné, zainvestujte pár korun a pořiďte si tmavé igelitové pytle. Případně doporučujeme igelitový tunel, který je k dostání v hobby marketech. Tlusté velké pytle jsou dostatečně světlo nepropustné a snadno je izolepou přilepíte na okno. Často zjistíte, že vám bude stačit takto polepit jen první dvě okna u katedry.

Zdroj světelných paprsků

Doporučuji pořídit laserové ukazovátko. Z těch běžných máte na výběr červené, zelené nebo modré. Červený paprsek bývá nejméně vidět. Modrý se zase hodně rozptyluje a má poměrně širokou stopu. My používáme zelený, na který je lidské oko nejcitlivější. Bohužel má ze všech tří zmíněných nejkratší životnost z důvodu jeho konstrukce. Znamená to, že vám po několika měsících může začít klesat jeho intenzita.

Pak je samozřejmě otázkou, jak silný laser by to měl být. Ve škole bychom neměli pracovat s lasery o výkonu větším než 5 mW. Silnější lasery by určitě neměly přijít do rukou žáků. Co se týká demonstračních pokusů vedených učitelem, bude vám při dobrém zatmění stačit na tyto experimenty i 5 mW, nicméně použitím silnějšího laseru budou pokusy vizuálně atraktivnější. Jako vhodný mi přijde ze zkušenosti 50mW laser.

Obecně si dávejte při práci s lasery pozor na odrazy. Pokud někomu omylem posvítíte do očí, vězte, že oko se brání a okamžitě se zavře. Laser se také se vzdáleností od zdroje rozptyluje. Můžete si vyzkoušet, že na několika kilometrech by vytvořil několikametrovou stopu. Užití silnějších laserů než 5 mW je však vždy na zvážení a na důsledné obezřetnosti učitele.

Lasery je možné zakoupit například v internetovém obchodu [1]. Ceny se pohybují v řádu stovek korun a stoupají s intenzitou laseru.

Akvárium

Akvárium většinou nebývá problém sehnat od známých, kterým leží na půdě. Pokud byste ho kupovali, doporučuji navštívit sklenářství a vymyslet si vhodný rozměr tak, aby bylo dostatečně velké, ale ještě se vám s ním snadno manipulovalo. Dostatečné je 50 cm dlouhé a 25 cm široké. Cena se u sklenáře pohybuje kolem 1000 Kč.

Aby byla stopa laseru vidět, je třeba, aby se jeho paprsky odchýlily k nám do oka. To se může stát, pokud se laser rozptýlí na malé částice prachu nebo kapičky vody. Zkuste třeba do paprsku nadrolit trochu křídového prachu nebo nastříkat trochu deodorantu. Ve vzduchu se také dá dobře využít glycerinová mlha, která nedráždí ani astmatiky. Pro naše pokusy nicméně nic sofistikovaného nepotřebujete.

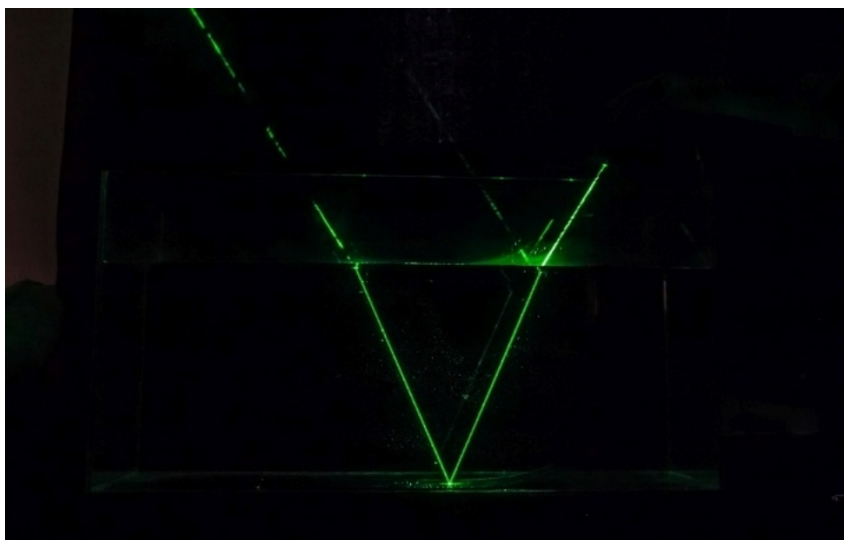
Na rozptyl ve vodě vám bohatě postačí jej podpořit čajem nebo kávou. Pokud do vody přilijete hrnek jakéhokoliv čaje nebo trochu kávy, paprsek světla se zvýrazní.

K rozptylu je nutno dodat, že pro světlo je snazší se rozptylovat do menších úhlů. Proto paprsek uvidíte lépe vždy, když míří směrem k vám, a ne od vás. A také proto paprsek vždy lépe uvidí jedna část třídy oproti druhé. Doporučuji střídat směry, kterým do akvária míříte, aby si oba kraje třídy pokusy užily.

Odraz v akváriu

Odraz

Posvítíte-li do akvária shora, světlo se vám odrazí hned od několika vrstev. Na stropě uvidíte stopu laseru odraženou od hladiny vody a přímo ve vodě uvidíte odražený paprsek od skleněného dna. Už zde je krásně vidět zákon odrazu. O něco lépe bude odražený paprsek vidět, když na dno ponoříte zrcátko. Například špejlí můžete znázornit, kde je kolmice k hladině, případně si kolmici můžete nakreslit na akvárium, laser postavit do držáku a s dětmi přímo měřit úhel dopadu a odrazu. Nicméně i bez měření je zákon odrazu velmi názorný.



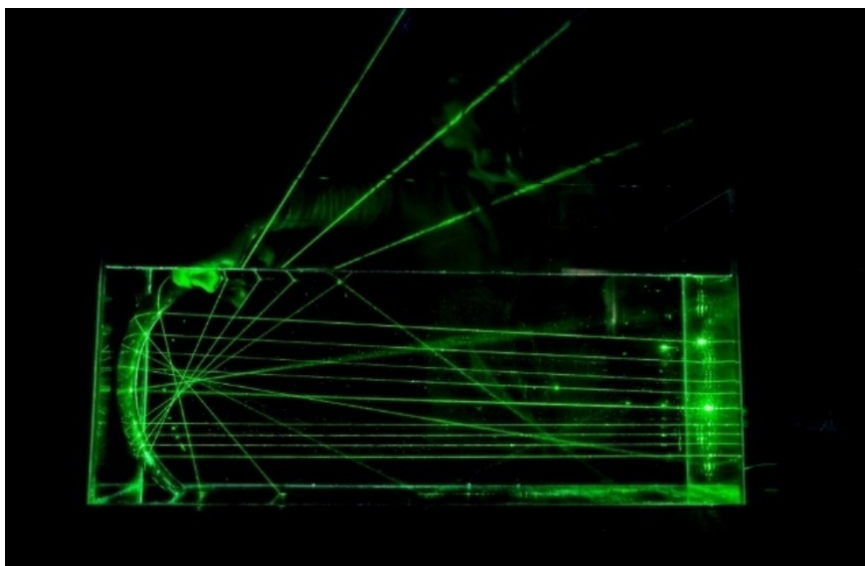
Obr. 1. Odraz od rovinného zrcadla.

Proč je odraz důležitý? Je dobré žákům zdůraznit to, že bez odrazu bychom neviděli nic. Tedy skoro nic. Viděli bychom pouze zdroje světla, ale už ne to, od čeho se světlo odráží. Vše by bylo černé.

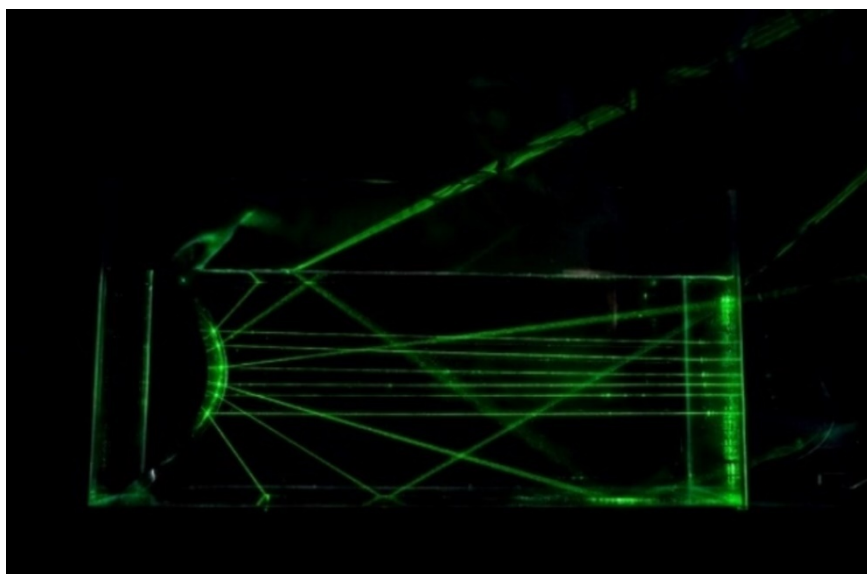
Odras od křivého zrcadla

Do akvária můžete vložit i křivá zrcadla. U dutého zrcadla se budou paprsky odrážet směrem dovnitř, a když budete svítit rovnoběžně z různých míst, bude vidět, že se odražené paprsky snaží spojit do jednoho bodu, tedy do ohniska. U zrcadla vypuklého se naopak můžete bavit o tom, jak se paprsky šíří za roh a proč se tedy tyto zrcadla používají třeba v zatačkách.

Jako duté nebo vypuklé zrcadlo můžete použít plastové zrcadlo (viz kapitola Výroba kaleidoskopů a Zrcadlení) nebo cokoliv, co má zakřivený tvar a odráží světlo. Pěkné je použít lžíci nebo naběračku.



Obr. 2. Odras od dutého zrcadla – fotomontáž mnoha paprsků.

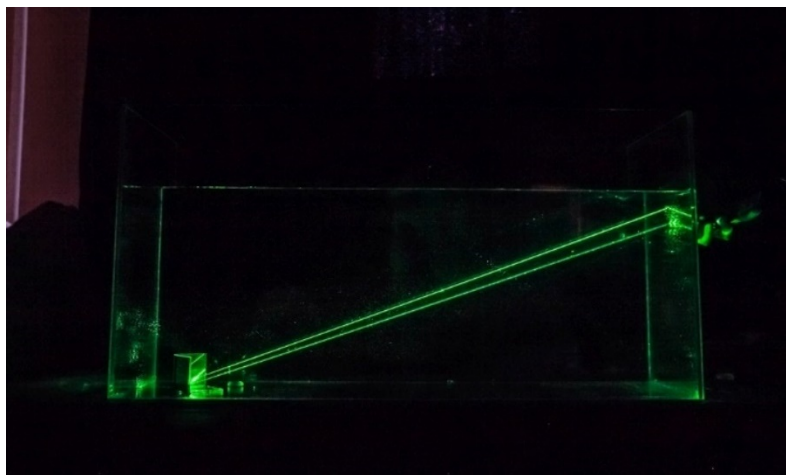


Obr. 3. Odras od vypuklého zrcadla – fotomontáž mnoha paprsků.

Koutový odražeč

Za zajímavé využití odrazu považuji koutový odražeč. Je to věc pro lidstvo tak důležitá, že jej na Měsíc vyneslo již Apollo 11. Více o koutovém odražeči popisují níže.

Do akvária můžete buď vložit tři malá zrcátka slepená izolepou, anebo můžete prostě svítit do rohu akvária (bude to vidět hůře než od zrcátek). Sviťte na roh z různých směrů, vždy se vám ukáže odražený paprsek směřující zpět do směru, ze kterého přišel.

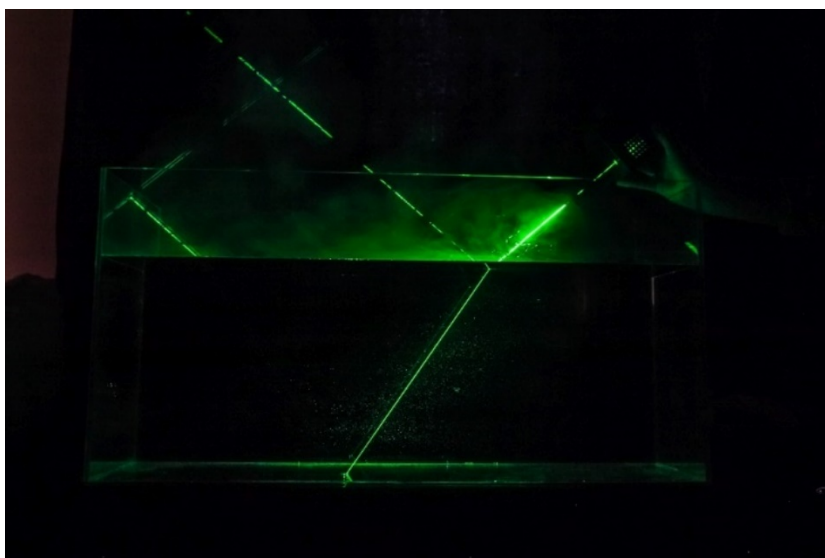


Obr. 4. Koutový odražeč v akváriu.

Lom v akváriu

Světlo se na rozhraní dvou prostředí také láme. Lom do vody i z vody paprskem laseru krásně znázorníte. Můžete žáky pobavit vtipnými fotografiemi z internetu, nebo jim prostě rozdat kelímek s vodou a špejlí, ať se sami o lomu přesvědčí.

Pozor, když svítíte z vody do vzduchu a ukazujete lom od kolmice, musíte svítit z boku akvária, a ještě k tomu hodně zešikma, jinak se ukáže totální odraz a ten doporučuji ukázat až později.

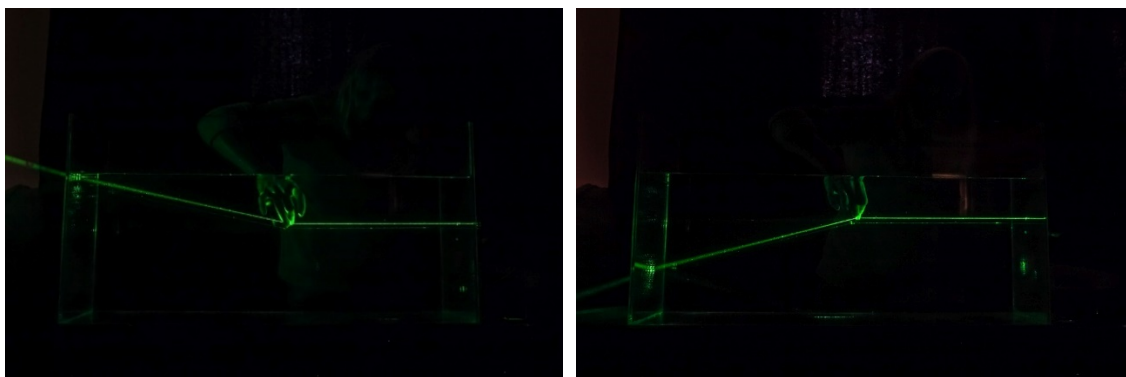


Obr. 5. Lom (a odraz) v akváriu.

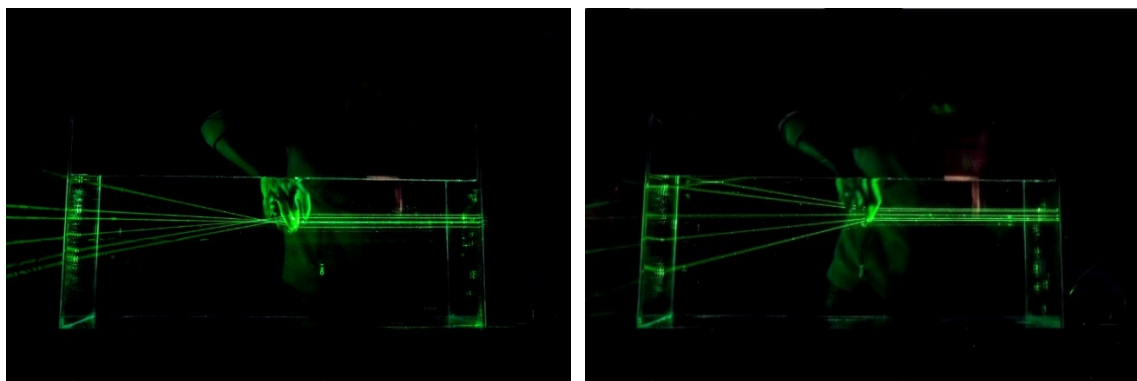
Čočky v akváriu

Praktické využití lomu je hlavně u čoček, které nám paprsky světla buď trochu víc nakloní k sobě, nebo je naopak od sebe odkloní. Na ukázkou dejte do akvária spojku a rozptylku a ukažte i různé mohutnosti čoček. Jednou rukou je držte ve vodě a druhou na ně sviťte z boku akvária a paprskem posouvejte nahoru a dolů. Uvidíte, jak se světlo za spojkou naklání k rovině čočky v případě spojky. Naopak u rozptylky budete pozorovat, jak se paprsky od roviny čočky rozptylují. Různou mohutností čoček ukážete dětem různou intenzitu takového jevu.

Pokud nedisponujete žádnými čočkami, můžete se poptat v blízké optice, zda by se od nich nedaly koupit levně nějaké kazové. Případně zkuste oslovit nejbližší centrum Elixíru, kde vám mohou pomoci.



Obr. 6. Vlevo: chod paprsku spojkou. Vpravo: chod paprsku rozptylkou.



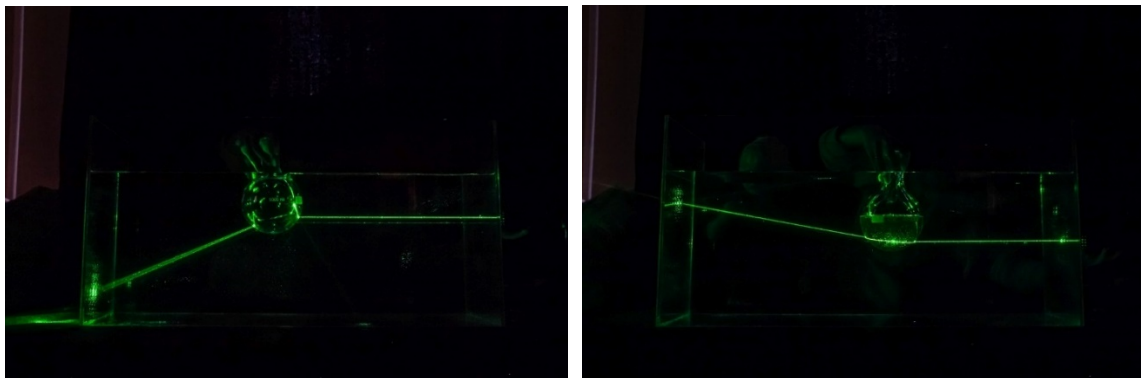
Obr. 7. Vlevo: fotomontáž chodu paprsků spojkou. Vpravo: fotomontáž chodu paprsků rozptylkou.

Divné čočky

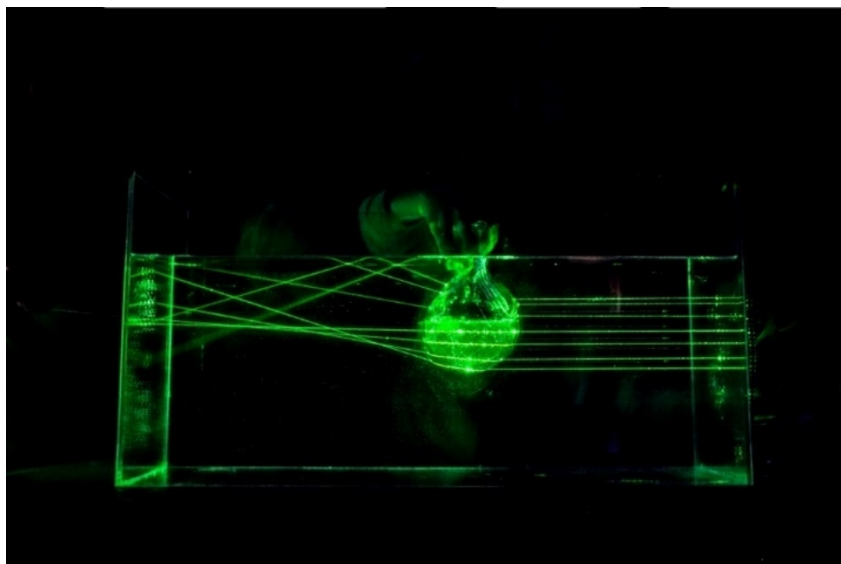
Vlastnosti čoček jsou dány jejich tvarem. Záleží ale také, z jakého jsou materiálu a v jakém jsou materiálu. Pokud se s brýlemi ponoříte do vody, už vám tak dobře fungovat nebudou, protože voda má jiný index lomu než vzduch a čočky vám vytvoří v oku obraz trochu jinde.

Zkuste dětem ukázat, co se stane, když do vody vložíte kulatou baňku. Ta má tvar spojky, nicméně když ji ponoříte do vody a posvítíte laserem, bude fungovat jako rozptylka. Svítíme totiž z vody do vzduchu, tedy z opticky hustšího prostředí do řidšího a paprsky se budou chovat přesně opačně.

Můžete děti také trochu zmást a pobavit se o tom, že hustota látek ještě není to samé jako optická hustota. K tomu vám bude stačit nalít do baňky obyčejný olej. Ten má menší hustotu než vzduch, ale pro světlo je opticky hustší. A tak se z něj pod vodou stane spojka, i když bychom čekali rozptylku.



Obr. 8. Vlevo: průchod paprsků baňkou naplněnou vzduchem. Vpravo: průchod paprsků baňkou naplněnou olejem.

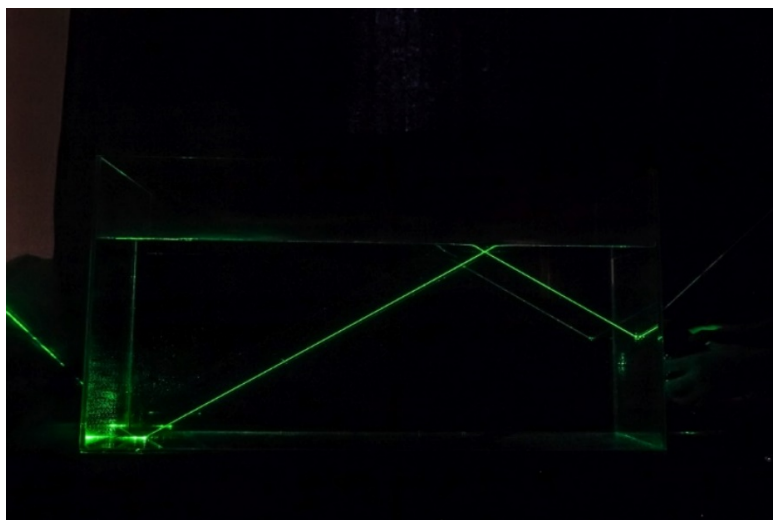


Obr. 9. Fotomontáž paprsků procházejících baňkou do poloviny naplněnou olejem a od poloviny vzduchem.

Úplný odraz v akváriu

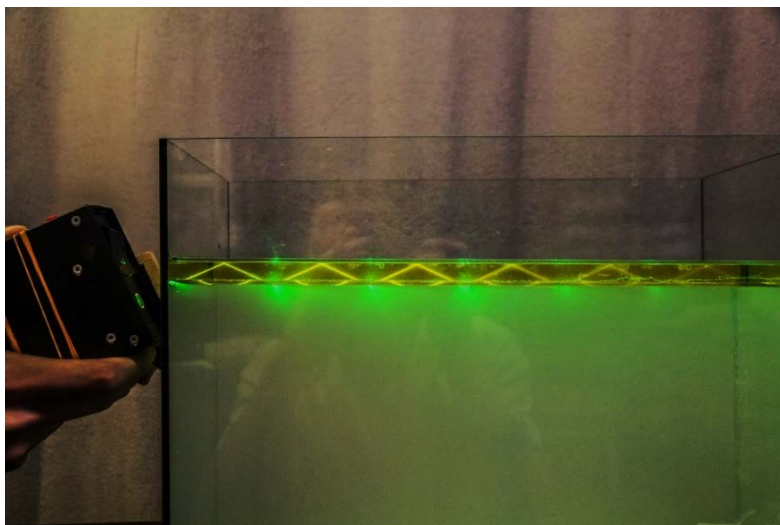
Úplný odraz může být dětem hodně blízký, protože odpovídá na otázku, jak se vede internet. Ukažte nejprve úplný odraz v akváriu. Sviťte z boku akvária pod velkým úhlem do vody tak, aby byl ještě pořád vidět paprsek, který se lomí do vzduchu. Ten je vidět minimálně jako stopa na stěně. Případně ho můžete zviditelnit dýmem z vonné tyčinky. Pokud budete úhel stále zvětšovat, najednou paprsek ve vzduchu zmizí. Už se nemá kam dál lomit, dostane se k hladině vody a pak... není. Všechno světlo se odrazí dovnitř vody. Je krásně vidět, jak paprsek odražený od hladiny najednou zjasní. A k čemu je to dobré?

Normálně se světlo šíří přímočaře. Kdybychom ho chtěli nasměrovat skrz několik pokojů a chodbu, bude to docela náročný úkol s hromadou zrcátek. Ale když světlo uvězníme v nějakém materiálu, stačí už natvarovat jen ten materiál. A to děláme optickými vlákny.



Obr. 10. Úplný odraz v akváriu.

Velice efektním pokusem je vyrobit optické vlákno v akváriu pomocí vrstvičky oleje. Nejhorší na tomto pokusu pak je akvárium umýt. 😊



Obr. 11. Úplný odraz na vrstvě oleje.

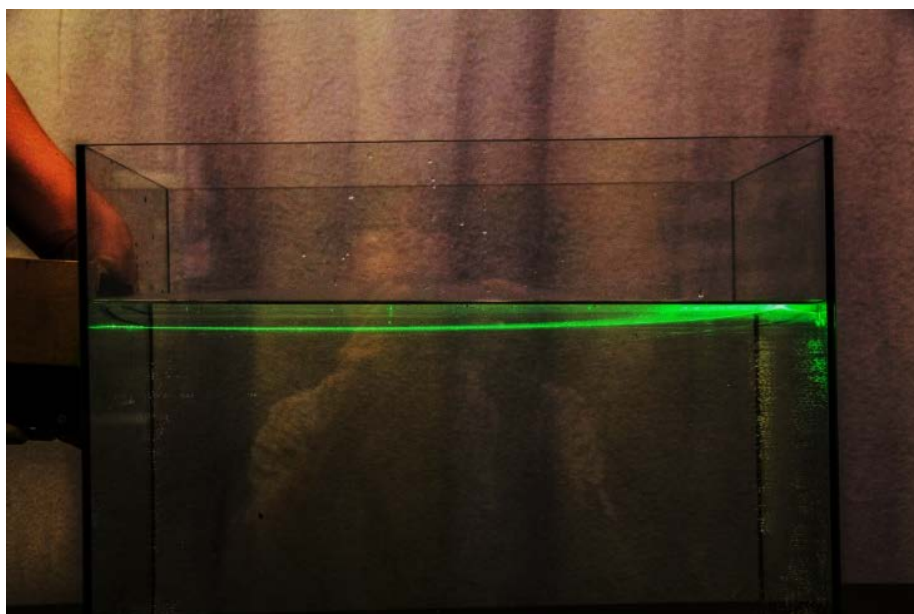
Fata morgana

V akváriu můžete dětem také ukázat fata morgánu. Vysvětlení najdete v našem videu z cyklu Masarykovy univerzity pod názvem Badatelna (viz [4]).

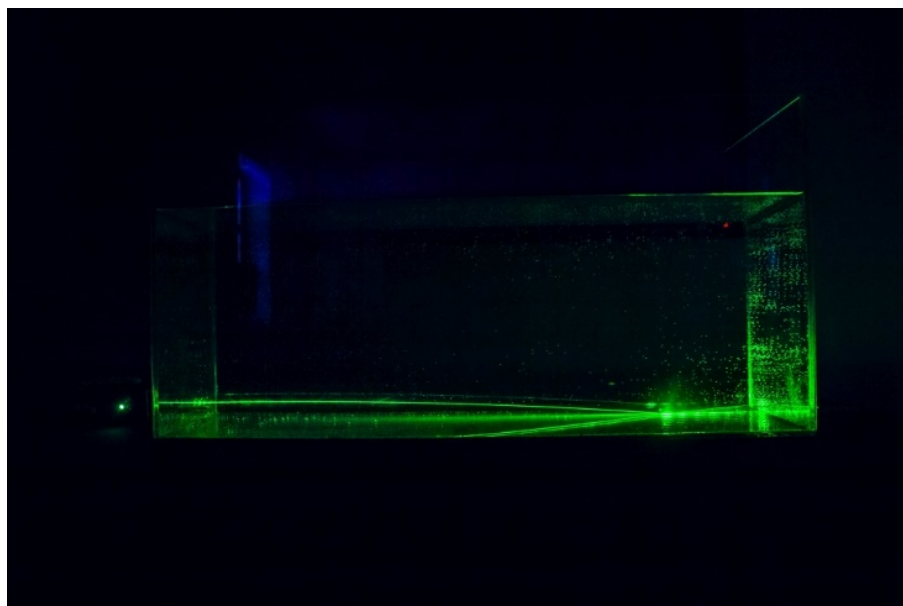
Pokus je dobré dělat v co nejdelším akváriu. Fata morgana vzniká na gradientu hustoty vzduchu. Gradient hustoty můžeme vytvořit v akváriu tak, že budeme hustotu postupně zvyšovat nebo postupně snižovat.

Na zvyšování hustoty je ideální použít nasycený slaný (nebo sladký) roztok vody. Ten je třeba opatrně nalít do vody tak, aby se vzájemně čistá a slaná voda nesmíchaly.

Na postupné snižování hustoty jsem použila líh nalitý opatrně na hladinu vody.



Obr. 12. Fata morgana na vrstvě lihu na vodě.



Obr. 13. Fata morgana na vrstvě slané vody na dně vody v akváriu.



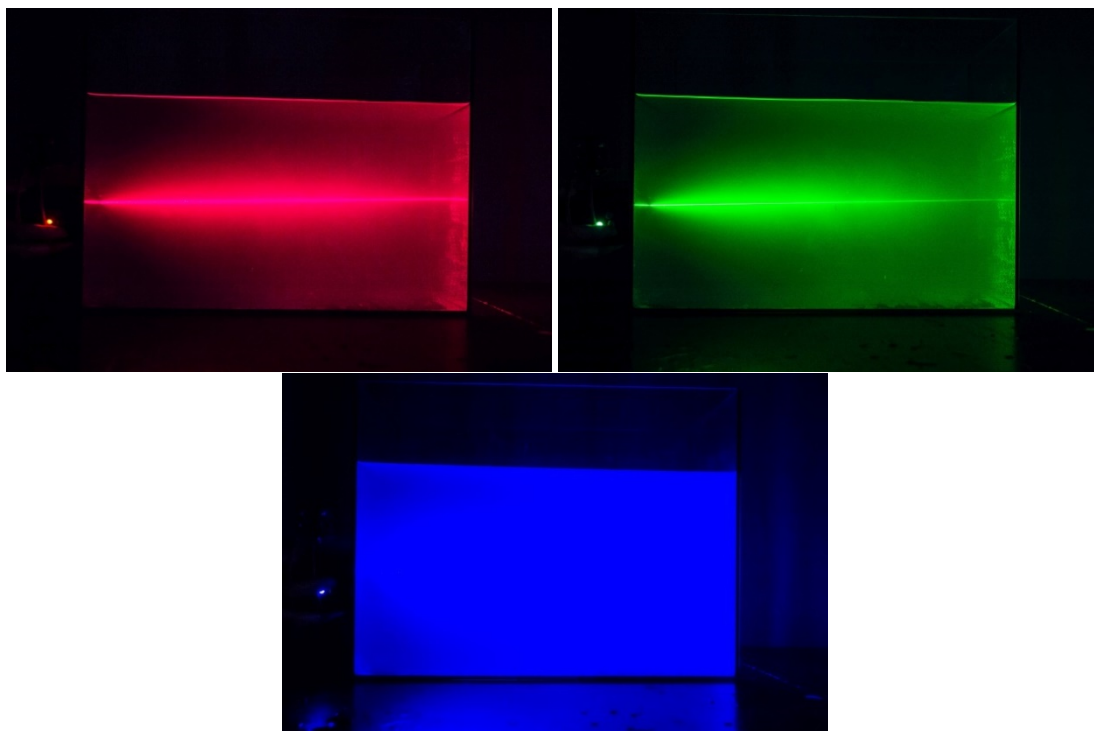
Obr. 14. Několik oblouků světla u fata morgany na vrstvě lihu.

Rozptyl

Další fotografie představují ukázkou rozptylu v akváriu zakaleného mlékem. Vysvětlení opět můžete najít ve videu, které ukazuje, proč je obloha modrá, červánky červené a jak se rozptylují jednotlivé barvy (viz [5]).

Typicky se pokus ukazuje s lampičkou bílého světla, která svítí skrz mléko a postupně při průchodu akváriem červená. Zajímavé je použít RGB lasery.

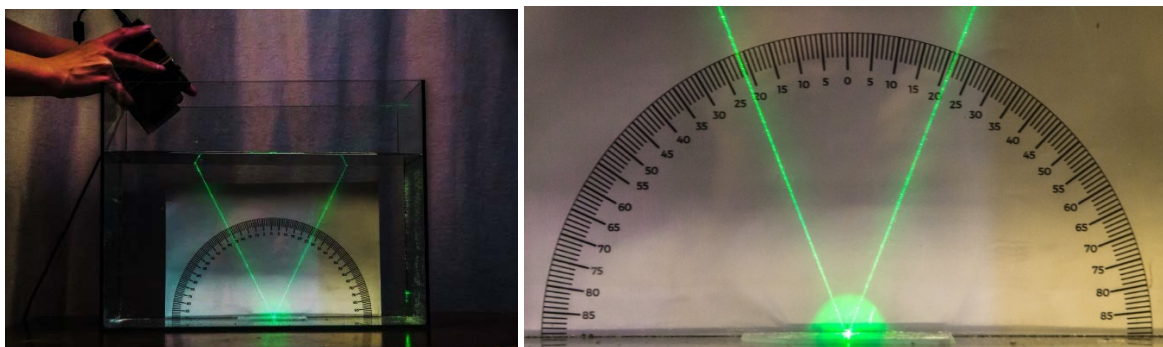
Pokud do vody zakalené mlékem svítíme červeným laserem, vidíme, že se světlo na začátku trochu rozptýlí, ale laserová stopa normálně prochází dál. U zeleného světla je rozptyl na začátku jasnější a laserová stopa nedojde tak daleko, jako červená. Modré světlo se rozptýlí natolik, že laserový paprsek je sotva znatelný. Je tedy zřejmé, že modré světlo se rozptyluje nejvíce. A přesně to je důvod, proč je obloha modrá.



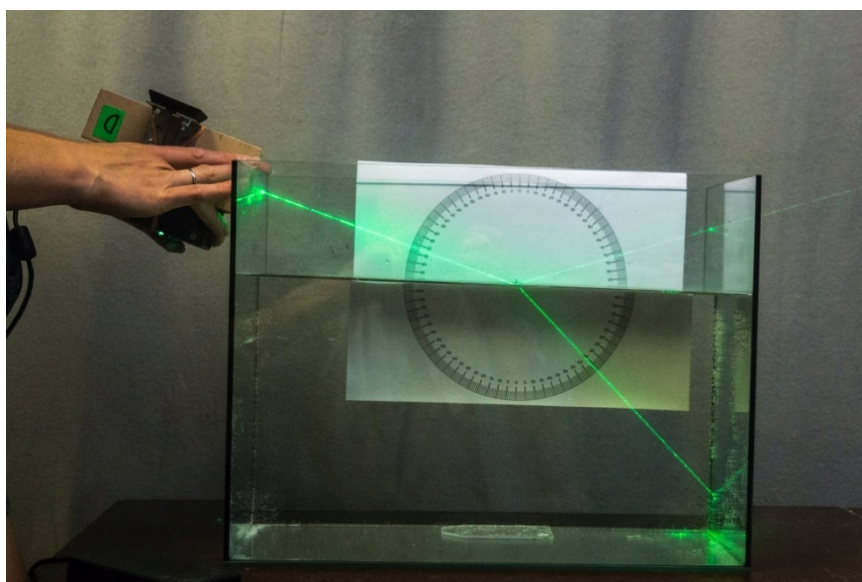
Obr. 15. Průchod RGB barevných paprsků laserů skrz vodu zakalenou mlékem.

Měření v akváriu

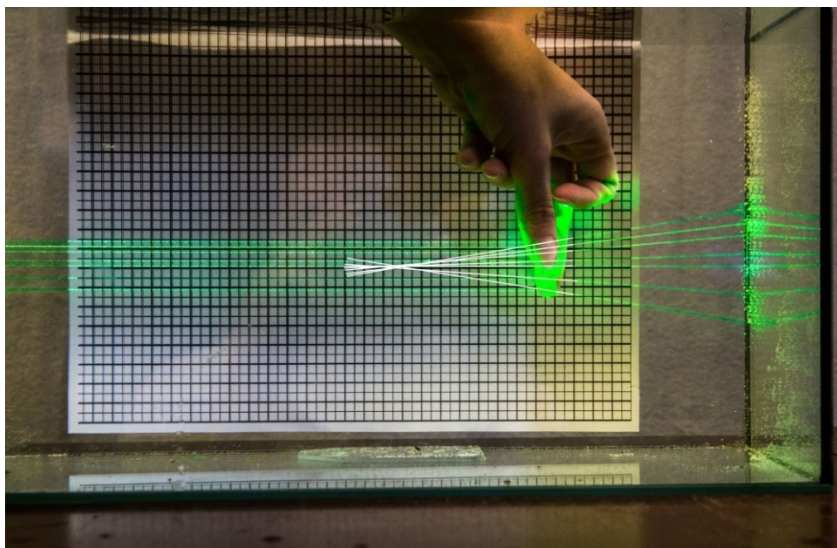
Pokud chcete v akváriu s dětmi měřit, je to možné. Stačí si natisknout vhodné úhlooměry a nalepit je za akvárium. Není to úplně praktické a pohodlné, jako se soupravou na magnetické tabuli, ale pokud ji nemáte, toto je jisté řešení. Nechte se inspirovat fotografiemi.



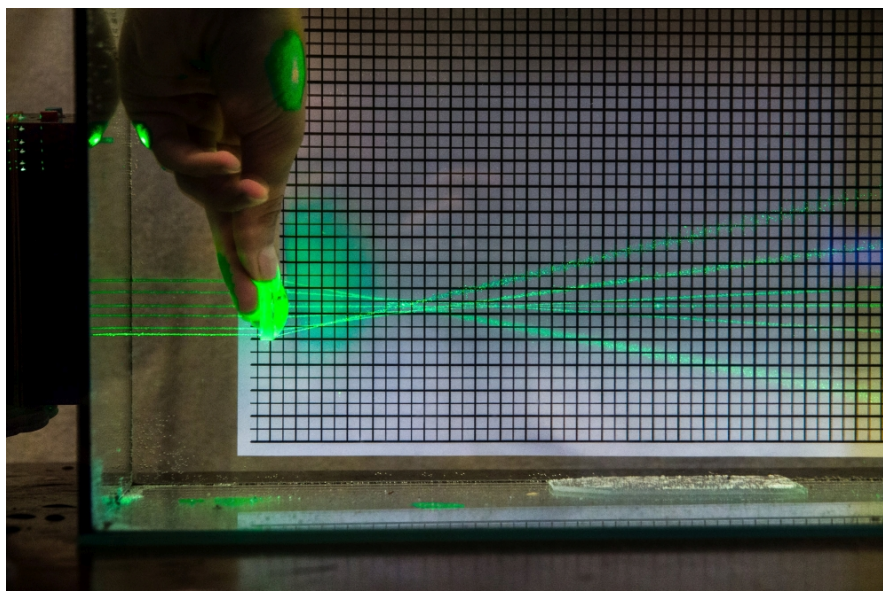
Obr. 16. Měření odrazu světla v akváriu.



Obr. 17. Měření lomu světla v akváriu.



Obr. 18. Měření ohniska rozptylky z fotomontáže. Laserem svítím zleva doprava, bílé čáry jsou dokresleným prodloužením paprsků.



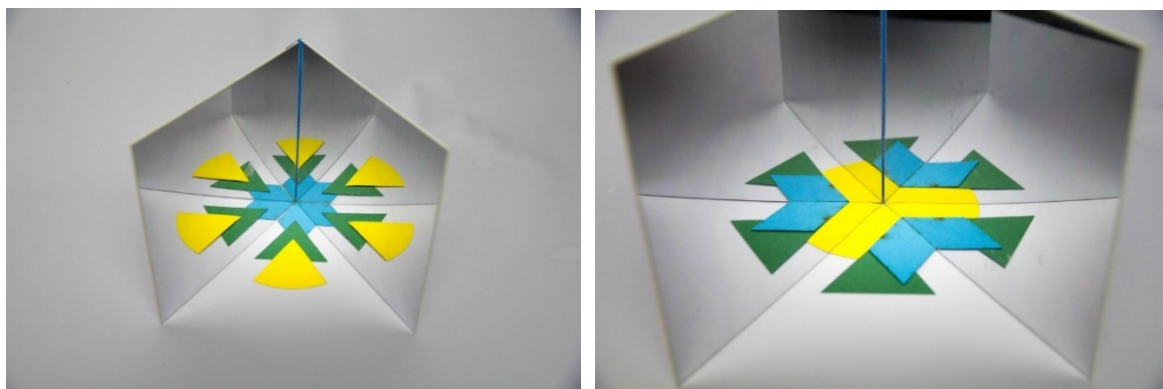
Obr. 19. Měření ohniska spojky z fotomontáže.

Odraz – další pokusy již bez akvária

S pochopením odrazu většinou nebývá problém, ale i tak je milé si s ním více pohrát. Zrcátka totiž skýtají mnoho možností. Zde je výběr několika z nich.

Zrcadlení

Už jen se dvěma zrcadly existuje mnoho možností. Vyzkoušejte tuto méně známou. Budete potřebovat 2 kusy zrcadla, velikost doporučuji pro žáky 12×14 cm, případně více, a několik geometrických tvarů s jedním úhlem 60°.



Obr. 20. Ukázky zrcadlení.

Cílem je vytvořit dvě odrazné desky, které k sobě slepíme po hraně například izolepou a postavíme je do úhlu 60° (posléze si můžete hrát i s dalšími úhly). Do takto vytvořeného šedesátistupňového rohu pak můžete vkládat geometrické tvary a sledovat, jaké krásné útvary se díky násobným odrazům vytvoří.

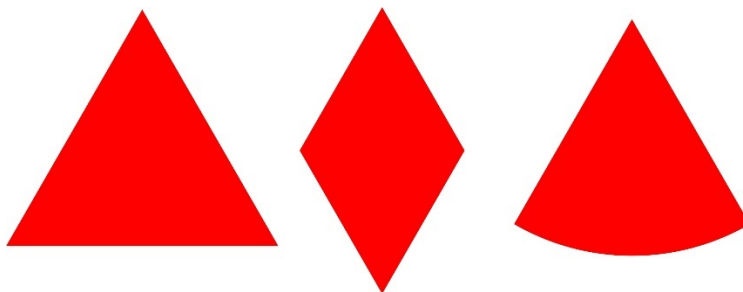
Vhodné geometrické tvary mají alespoň jeden vrcholový úhel 60, 120 nebo 30 stupňů, lze používat trojúhelníky, kosočtverce, kruhové výseče a jiné.

Dětem doporučujeme dát předtištěná zadání útvarů, která mají vytvořit. Můžete je rozdělit do skupinek po dvou až třech a nechat je soutěžit nebo si prostě hrát.

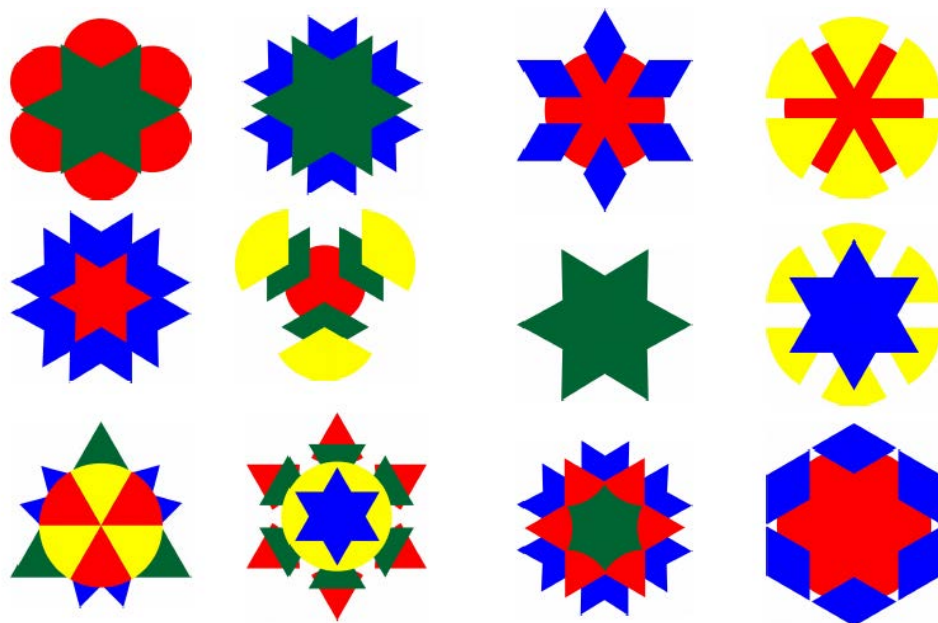
Odrazné desky je možné vyrobit mnoha způsoby. Nej kvalitnější odraz mají samozřejmě opravdová zrcadla. Pracujete ale se sklem a je třeba vzít toto riziko v úvahu. Pokud byste se však touto cestou vydali, doporučuji jednoduše koupit (například v IKEA) malá čtvercová zrcadla a přilepit je hranou k sobě pevnější izolepou (například kobercovkou).

Další možnost je si pomoci v papírnictví, kde se dají zakoupit odrazné folie, většinou nalepovací. Výroba i manipulace je pak snadná, odraz je ale méně kvalitní.

Jakousi střední cestou je si pořídit plastová zrcadla, která se dají sehnat ve specializovaném obchodě s plasty, viz poslední kapitola o plastových zrcadlech.



Obr. 21. Ukázka tvarů.



Obr. 22. Možná zadání, která jsou tvořená žlutou a červenou kruhovou výsečí, modrým kosočtvercem a zeleným trojúhelníkem.

Abyste měli hezké a celistvé odražené obrázky, musíte mít správný úhel. Nám se zdá nejhezčí právě ten, který je v krasohledech. Krasohled má vlastně trojúhelníkovitý tvar s úhly po 60° .

Fungovalo by to ale i s dalšími úhly? Ano, v zásadě všechny úhly, které dělí celý úhel 360° beze zbytku, udělají pěkný efekt. Dokonce podle toho můžete určitě počet odrazů. Pro náš úhel 60° je to $360/60 = 6$.

Další „hezké“ úhly rozevření zrcadel jsou: 90° , 45° , 30° . Výpočet platí i pro úhel 180° , tedy zcela rozevřená zrcadla. Jednoduše spočítáme, že $360/180$ je 2. Budeme mít jeden odraz a k tomu náš vzor, dohromady tedy číslo dva sedí.

Výroba kaleidoskopů

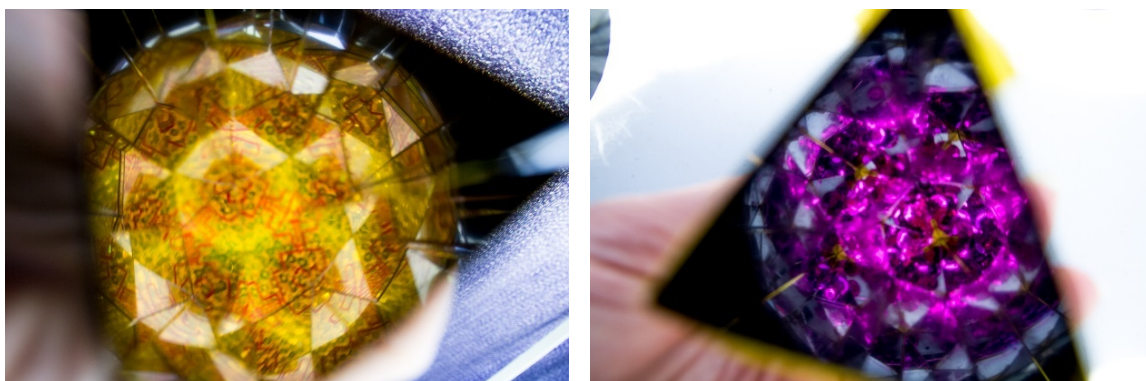
Autorem původního nápadu s využitím plastového zrcadla je Václav Piskač, Ph.D. Kaleidoskop můžete vyrobit i ze skla nebo opět zrcadlové folie z papírnictví. Využití plastového zrcadla je zde nicméně pohodlné a efektní.

Kaleidoskop dobře funguje, pokud je dlouhý a úzký. Osvědčila se konstrukce ze tří lichoběžníků, jejichž výška je 10 cm, delší rovnoběžná strana má délku 4 cm a kratší 2 cm.

Jednotlivá zrcátka zbavte krycí fólie a z černé strany je k sobě postupně přilepte izolepou. Úzké strany jsou na jednom konci. Nakonec slepte hřbet kaleidoskopu. Čelo kaleidoskopu je možno přelepit tenkými pásky barevné izolepy. Vzniknou tak krásné barevné tvary, které si po čase můžete změnit. Izolepu odlepte a nalepte novou. Můžete vyzkoušet i variantu, kdy polepíte izolepou celé čelo a uděláte do ní dírkou třeba ve tvaru nějakého souhvězdí.



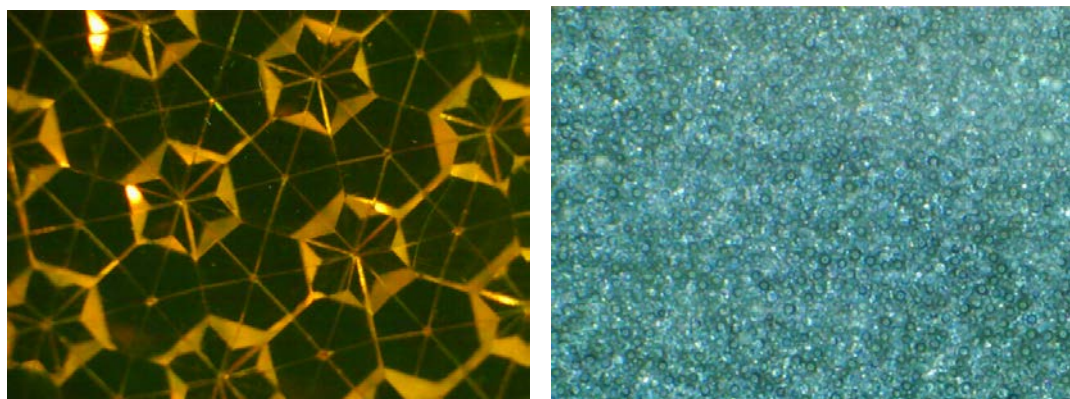
Obr. 23. Vlevo: přichystaná plastová zrcadla. Vpravo: hotový výrobek.



Obr. 24. Pohled do kaleidoskopu.

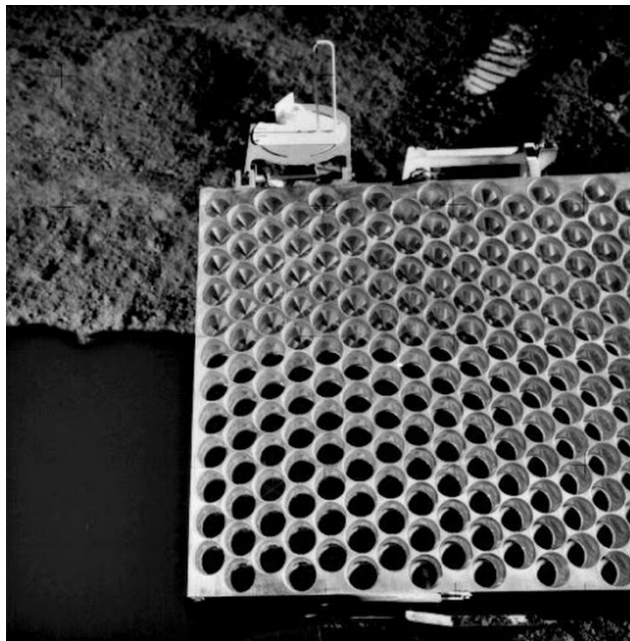
Koutový odražeč

Koutový odražeč jsou tři zrcátka spojená do rohu. Světlo na nich vykoná několik odrazů, které způsobí, že se vyslaný paprsek vrátí směrem ke zdroji, od kterého přišel. A to se hodí, pokud v noci potřebujete vidět to, na co svítíte. Například, pokud jste řidiči automobilu, tak byste rádi viděli cyklistu nebo chodce na silnici. Proto bychom neměli zapomínat nosit odrazky a reflexní prvky. Ty jsou tvořené právě mnoha malými koutovými odražeči. Klidně žákům na ukázkou nějakou odrazku ukažte nebo vezměte z auta reflexní vestu, kde zdánlivě tmavé reflexní pruhy v noci díky odrazu svítí.



Obr. 25. Vlevo: Detail odrazky. Vpravo: Detail reflexního pruhu na silniční vestě.

Koutový odražeč pro nás je tak šikovný, že ho vezlo i Apollo 11 na Měsíc. Dnes jich je na měsíci několik. Ale proč? Když na ně dokážeme ze Země posvítit laserem, můžeme z doby návratu paprsku spočítat velmi přesně (na milimetry), jak je od nás Měsíc daleko. I díky tomu dnes víme, že se od nás Měsíc vzdaluje rychlostí 5 cm za rok. Myslím, že takové měření je úctyhodný výkon vědy.



Obr. 26. Koutový odražeč na Měsíci instalovaný posádkou Apollo 15.

Lom – další pokusy již bez akvária

Lom světla děti znají z vlastní zkušenosti a snadno jim můžete ukázat, že je to docela zábava 😊



Obr. 27. Ukázky lomu světla.

Mizející mince

Zkuste si s dětmi udělat velmi jednoduchý pokus, který názorně ukazuje, že ne vše pod vodou se zdá být tam, kde má. Na pokus potřebujete jen neprůhlednou misku nebo hluboký talíř, minci a vodu.

Do talíře umístěte minci. Podívejte se do něj z boku tak, aby vám mince těsně zmizela z pohledu. Opatrně nalijte vodu do talíře. Mince se vám zjeví před očima!



Obr. 28. Pokus s mizející mincí. Vlevo: připravený pokus před nalitím vody do kelímku. Vpravo: pohled ze stejného směru na kelímek, do kterého jsme nalili vodu.

Čočky

Ať už optiku pojmáte jakkoliv, jako zcela zásadní je dle mého to, aby si děti mohly se spojkou a rozptylkou pohrát. Ne na optické lavici, ne v laboratorní práci, ale prostě jen tak v ruce. Rozdejte dětem spojky a rozptylky a zkoumejte s nimi, jak poznají, která je která. Mohou na to jít hned třemi způsoby.

1. Tvarem mohou zjistit, zda je čočka tlustší uprostřed nebo na krajích. U málo mohutných čoček to ale není po hmatu poznat.
2. Mohou se podívat zblízka třeba jen na svůj prst. Rozptylka by ho měla zmenšit, spojka zvětšit.
3. Nebo se mohou skrz obě čočky podívat (čočky je dobré držet od sebe na vzdálenost natažených paží) a zjistit, že ve spojce je svět vidět vzhůru nohama. Tak, jako to děti znají z kapek rosy nebo ze skleněných kuliček.



Obr. 29. Pohled skrz spojku a rozptylku.

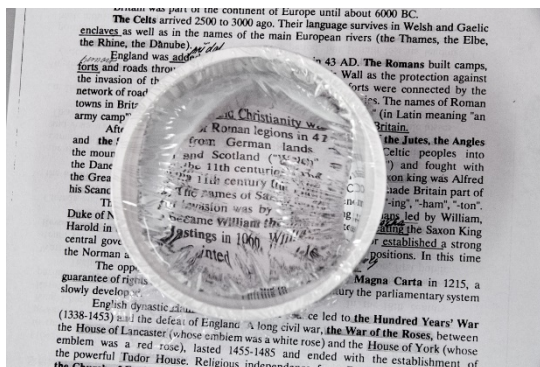
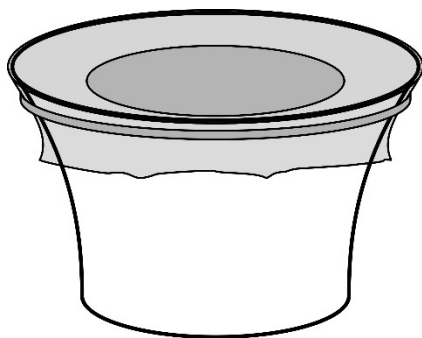
Když takto dětem rozdáte spojku a rozptylku, nechte je si zkusit zásadní pokus, a to zobrazení spojkou. Nechte je zobrazit zářivky na lavici, vlákno žárovky na strop, nebo je nechte zobrazit okno na bílou stěnu. Obraz okna bude převrácený a barevný!



Obr. 30. Zobrazení okna spojkou.

Vodní čočka

S menšími dětmi si můžete vyrobit jednoduchou lupu z vody a kelímku. Základem je zmíněný kelímek, ideálně pevný, může být mělký (třeba od mléčné rýže). Pak obyčejná gumička, čirá potravinářská folie, voda a cokoliv, co chcete zvětšovat.



Obr. 31. Vlevo je nákres pokusu. Vpravo je pohled na výrobek ze shora.

Jsou dvě varianty, jak může výsledná lupa vypadat. První varianta je s kelímkem vcelku, při které věci pro zvětšení vkládáme přímo do kelímku (třeba minci). Druhou variantou je lupa s odříznutým spodkem kelímku, která je výhodná v tom, že s lupou můžeme pozorovat různé věci na stole (třeba text novin). Nevýhodou druhé varianty je snazší deformace kelímku, proto doporučujeme opravdu co nejtvrdší kelímek, který seženete.

Pokud budete dělat druhou variantu, v prvním kroku odstříhnete spodek kelímku, a to co nejvíce rovně. Pro větší pevnost kelímku nemusíte stříhat celé dno, ale můžete jen ve dně vystříhnout větší otvor.

Pokud budete dělat variantu první, určitě v prvním kroku do kelímku položte věci, které chcete vidět zvětšené. Nebo si předvídavě v boku kelímku vytvořte otvor, abyste předměty v kelímku mohli měnit.

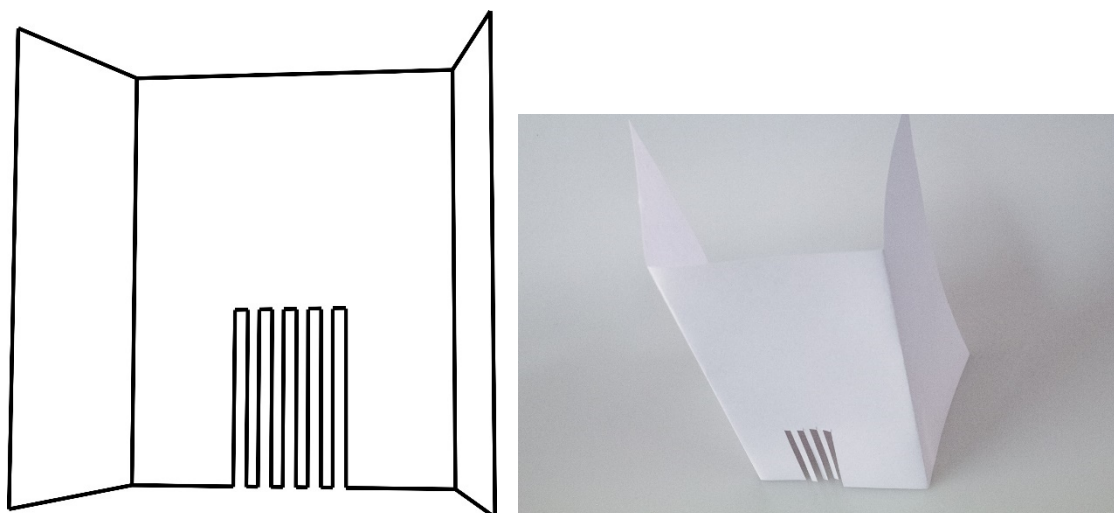
Navrch kelímku položte potravinářskou folii a přitáhněte gumičkou. Snažte se o to, aby vám ve folii vznikl jakýsi důlek. Do důlku nalijte vodu a je hotovo. Voda je folií vytvarovaná do spojné čočky a zvětšuje jako lupa.

Kelímkové čočky

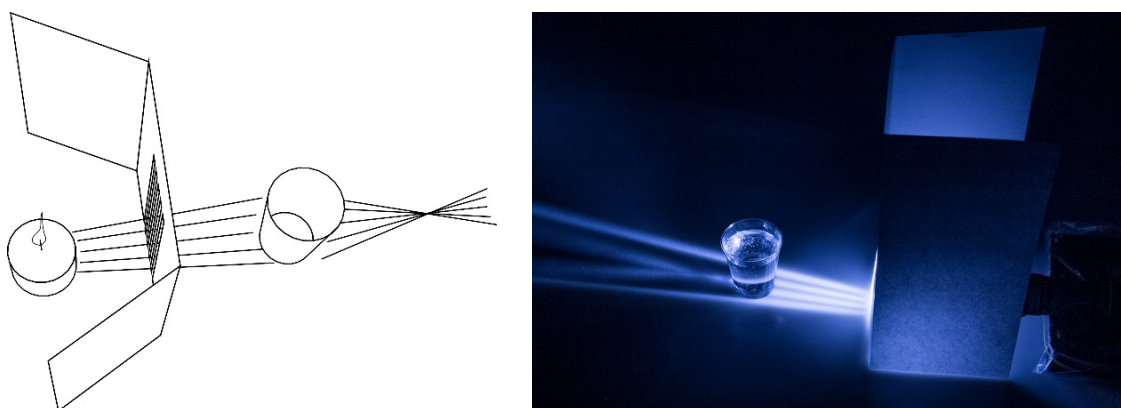
Abyste si s dětmi zobrazili chod paprsků spojkou, nepotřebujete nutně ani laserové ukazovátko. Zkuste následující pokus, který je vhodný pro děti všeho věku.

Na pokus si připravte průhledné kelímky různých velikostí (viz obrázek), tvrdý papír, baterku (případně svíčku).

Papír po jeho delší straně přehněte na třetiny. V prostřední části papíru vystříhnete rovnoběžné proužky, průchody pro světlo, viz obrázek. Můžete do papíru vystříhnout více variant – různě široké pruhy různě daleko od sebe a odzkoušet tu nejlepší. Nám se více osvědčily užší proužky s užšími mezerami. Hezké jsou také jen dva úzké proužky dál od sebe.



Obr. 32. Stínítko.



Obr. 33. Pokus s válcovou čočkou z kelímku.

Baterkou svíťte skrz otvory do různých sklenic nebo kelímků s vodou. Za kelímkem se světlo spojí. Pozorujte s dětmi, jak daleko se bude spojovat u širších a užších skleniček.

Čočkou je v tomto pokusu kelímek s vodou. V rovině, ve které na kelímek svítíme, jde o spojku, která má kulatý tvar. Čím více je kelímek zahnutý, tedy čím zakřivenější má stěny (v našem případě nejmenší kelímek), tím je čočka vypuklejší a paprsky se spojí blíže k čočce. Naopak největší kelímek má stěny nejrovnější, čočka je málo vypuklá a paprsky se spojí dále od kelímku.

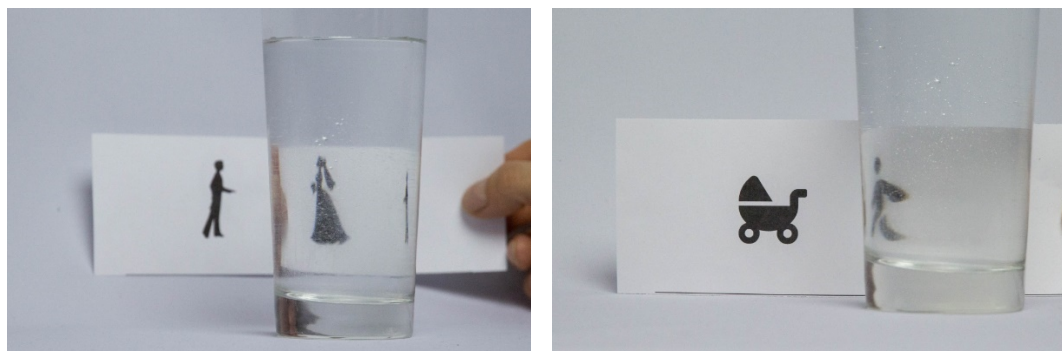
Válcové čočky

Válcové čočky jsou na výrobu a hrátky s nimi opravdu jednoduché. Tady máte hned několik typů.

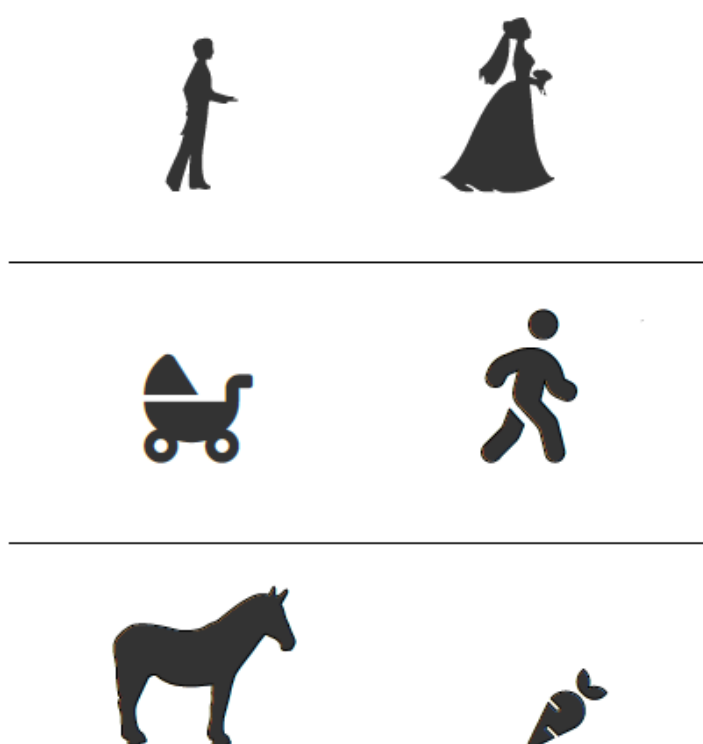
Převrácený obraz ve válcové čočce

Válcovou čočku vyrobte jednoduše z vody ve skleničce. Ideální sklenička je válcová, rovná. Obraz za skleničkou je stranově převrácený, s čímž se dá pěkně hrát. Nakreslete si na papír třeba šipku a sledujte, ve kterém místě za skleničkou se její obraz stranově otočí. Papír musí být trochu dál od skleničky, přesně řečeno za jejím ohniskem. Případně si

k hraní vytiskněte námi připravené obrázky a přesuňte mrkvičku blíž ke koníkovi, utíkající nevěstu vraťte k ženichovi a zachraňte miminko od opuštění rodičem.



Obr. 34. Zobrazení skrz skleničku.



Obr. 35. Obrázky k válcové čočce ve skleničce.

Válcová čočka ze zkumavky

Válcovou čočku si můžete vyrobit i ze zkumavky naplněné vodou. Tu pak můžete použít ke čtení následujících textů. První text má dva sloupce a vaším úkolem je najít rozdíl ve slovech v jednom a druhém sloupci. Najdete ho? Druhý text pak díky převrácení čočkou snadno přečtete, je psaný vzhůru nohama.



Obr. 36. Pohled skrz zkumavku.

PŘEČTETE NÁSLEDUJÍCÍ SLOVA?

ΟΡΤΙΚΕ ΛΓΑΚΙΟ
 ΡΟΓΑΡΙΣΑΪΙ ΕΟΓΙΕ
 ΓΑΞΕΡΟΛΕ ΒΓΥΔΙΞΤΕ
 ΝΕΛΙΔΙΤΕΓΙΟΞΤ
 ΖΡΟΙΚΑ Α ΡΟΞΡΤΥΓΚΑ
 ΚΟΥΤΟΥ ΟΔΡΑΞΕΞ
 ΣΡΣΑΔΓΕΙΙ

Obr. 37. Využití zkumavkové válcové čočky.

JAKÝ JE ROZDÍL MEZI SLOVY V PRVNÍM A DRUHÉM SLOUPEČKU?

BOD	KRUH
HOD	KOP
OBEC	VES
BODEC	OSTEN
CHODEC	AUTO
BOBEK	BOLEK

Obr. 38. Využití zkumavkové válcové čočky.

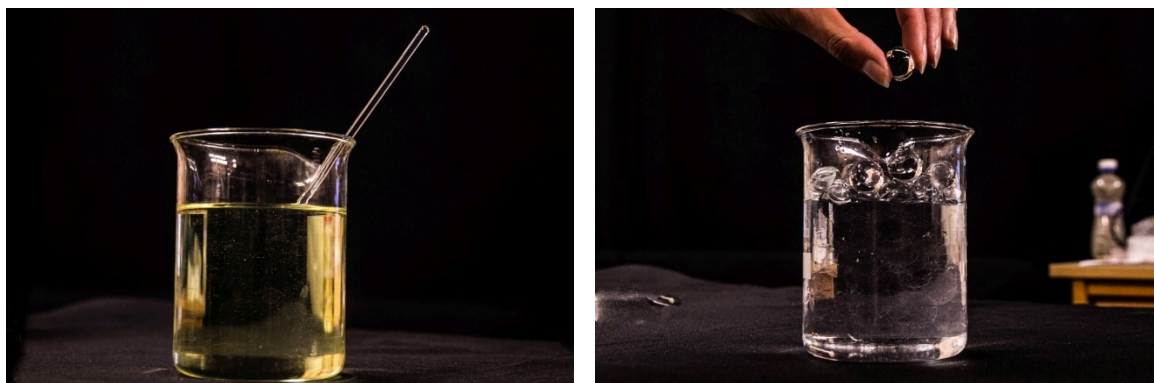
Index lomu a neviditelnost

Pokud baňku naplníme vodou a ponoříme ji do vody, světlo skrz ni projde bez výrazného lomu. Voda ve vodě prostě neudělá se světlem nic a světlo touto vodní baňkou jednoduše projde. A to je zajímavé.

Pokud najdeme dvě látky se stejnou optickou hustotou, tedy se stejným indexem lomu, měla by jedna látka zmizet v té druhé.

Asi nejhezčí kombinací je olej a chemické sklo. Míchací chemická tyčinka v oleji zmizí. Nebo malá kádinka ve větší sklenici naplněné olejem také nebude vidět. Můžete si před dětmi zahrát na kouzelníky a zkumavku, o které doposud nevěděly, vytáhnout z oleje.

Jinou variantou je použít tzv. gelové perly z květinářství. Pozor, musí být průhledné. Gelové kuličky se nechají nasát vodou a jsou jí tak z 95% tvořeny. A voda ve vodě není vidět. Tento pokus děti milují a úplně nejrady se v kuličkách rochní a hrají si s nimi.



Obr. 39. Vlevo neviditelná skleněná (chemické sklo) tyčinka v oleji. Vpravo gelové perly ve vodě.

Úplný odraz

Úplný odraz můžete nejen ukázat v akváriu, ale můžete ho dál vytěžit.

Optická vlákna

Normálně se světlo šíří přímočaře. Kdybychom ho chtěli nasměrovat skrz několik pokojů a chodbu, bude to docela náročný úkol s hromadou zrcátek. Ale když světlo uvězníme v nějakém materiálu, stačí už natvarovat jen ten materiál. A to děláme optickými vlákny. Optickými vlákny vedeme značnou část internetu. Například data z Ameriky do Evropy putují obřím svazkem vláken položeným pod Atlantickým oceánem. Další využití je třeba v kolonoskopii a jinde v lékařství.

Pokud nemáte demonstrační vlákno, zkuste sehnat kus širšího plexiskla nebo skleněné tyčinky. Chemické skleněné tyčinky se nad kahanem snadno ohýbají a můžete si tak udělat prakticky jakékoliv tvary.



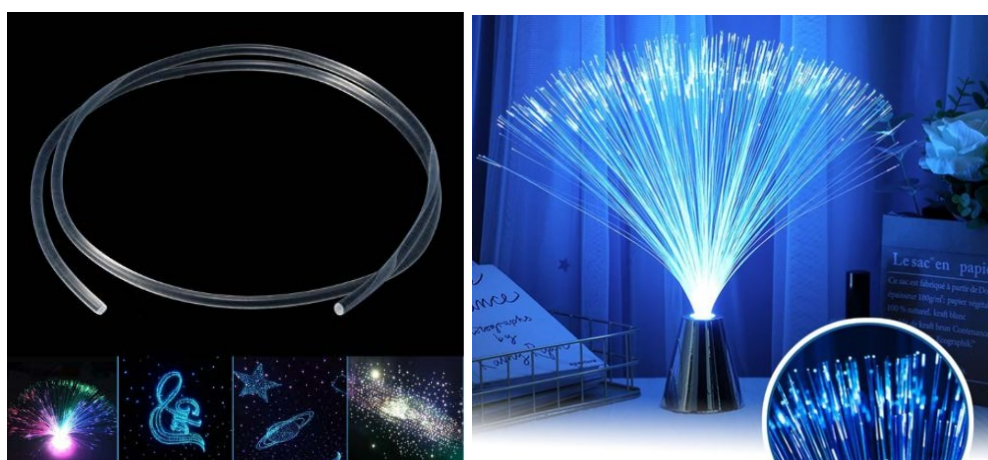
Obr. 40. Vlevo: optické vlákno ze skleněné chemické tyčinky. Vpravo: optické vlákno z ohnutého plastového hranolu.

Můžete také žákům ukázat optické vlákno reálné, technické, kterým se vede internet. Většinou je velice tenké a špatně se do něj svítí.



Obr. 41. Technické optické vlákno.

Existuje ještě varianta speciálních dekorativních optických vláken, které se dají pořídit v různých obchodech s dekoracemi nebo osvětlením. Může jít o známé „chlupaté“ lampičky nebo o různé další modernější varianty.

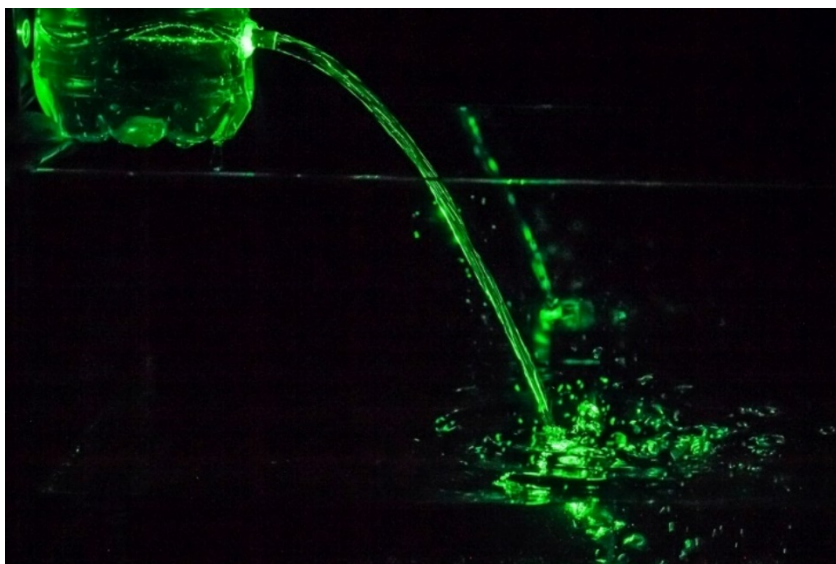


Obr. 42. Příklad komerčně zakoupených dekoračních optických vláken.

Vodní optické vlákno

Optické vlákno ale nemusí být jen ze skla nebo plexiskla. Vystačíte si i s vodou. Můžete třeba jen utěsnit vodu v průhledné hadičce, anebo vodu pustit tenkým proudem z láhve přímo ven. Pokusu s vodním vláknem se z jistých důvodů nedá říkat jinak než čůrací láhev.

Výroba je velmi jednoduchá, stačí udělat do PET lahve v její spodní části díрку, do které dáme malý kousek brčka a utěsníme tavnou pistolí. Nejnáročnější pak je se do brčka trefit laserem.



Obr. 43. Optické vlákno z vodního proudu.

Plastová zrcadla

Plastové zrcadlové folie je možné sehnat například ve firmě FTP PLASTICS [3] nebo Elventa plast [2]. Cena plátu 2×1 m v tloušťce 1 mm se pohybuje kolem 500 Kč. V tloušťce 3 mm je cena kolem 800 Kč. Do firmy doporučuji zavolat a ptát se po plastovém zrcadle tloušťky 1 mm na krasohledy nebo 2 mm na zrcadlení. Jak si poradit s jejím rozkouskáváním?

Zrcadlovou fólii je možné řezat pomocí vylamovacího nože podél pravítka (ze zrcadlové strany). Na krycí fólii si fixem předkreslete budoucí řezy a poté fólii ze strany zrcadla nařízněte nožem a fólii rozlámejte na jednotlivé kousky. Řez nemusí být příliš hluboký, fólie se láme velmi ochotně.

Plastová zrcadla je možné snadno řezat laserovou řezačkou.

Literatura

- [1] Firma prodávající lasery. Cit. 6. 12. 2021. Dostupné online: www.laser-shop.cz
- [2] Firma Elventa plast s.r.o. prodávající plastová zrcadla. Cit. 6. 12. 2021. Dostupné online: <https://www.elventaplast.cz/>
- [3] Firma FTP PLASTICS s.r.o. prodávající plastová zrcadla. Cit. 6. 12. 2021. Dostupné online: <https://www.ftpplastics.cz/kontakty.html>
- [4] Youtube video Badatelna „Kde se bere fatamorgána?“ Cit. 6. 12. 2021. Dostupné online: <https://www.youtube.com/watch?v=aAEcEJ4bjpk>
- [5] Youtube video Badatelna „Proč je nebe modré?“ Cit. 6. 12. 2021. Dostupné online: <https://www.youtube.com/watch?v=theWxcqn3jg>

Kyklop – detektor náboje a elektromagnetického pole 2v1

Václav Pazdera

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9

Abstrakt

Příspěvek předkládá návod na výrobu detektoru náboje a elektromagnetického pole (2v1), který jsme vyráběli na Dílnách Heuréky 2021.

Detektor náboje

Princip detektoru náboje (i schéma zapojení) je stejný jako „indikátoru malých proudů“, který uvedl na VNUF 2007 L. Dvořák (viz obr. 4 v [1]).

Pracovní název: „**Kyklop**“ si vysloužil proto, že „uvnitř“ se skrývají **dva indikátory** pro indikaci **kladného** (NPN tranzistory) náboje a indikaci **záporného** (PNP tranzistory) náboje a současně proto, že LEDka není obyčejná LEDka, ale RGB LEDka. Ve starší verzi jsem použil dvě LEDky (červenou a modrou).



Obr. 1. Detektor náboje a elektromagnetického pole 2v1 – KYKLOP.

Tento detektor má ještě další funkci: Je schopen i kvalitativně **detekovat proměnné elektromagnetické pole**. Jako nejlepší zdroj (nejsilnější, nejlépe detekovatelné) takového pole se mi osvědčila plazmová koule a Teslův transformátor atd. Proto je v názvu „2v1“, i když by se dalo možná napsat „2× 2v1“, protože jsou v detektoru ještě dva indikátory.

Potřebný materiál pro výrobu (viz obr. 2):

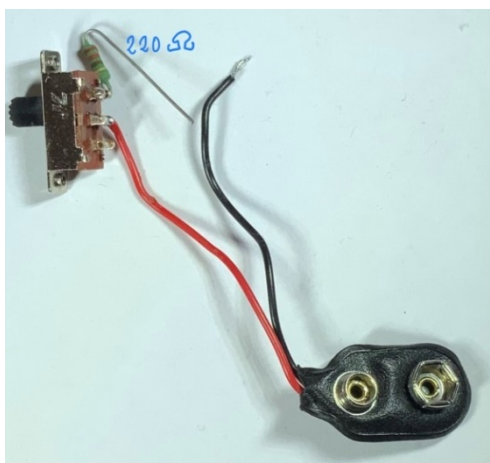
- krabička vytisknutá na 3D tiskárně
- RGB LED (10 mm) se „společnou anodou“
- Plastová slámka
- 9V klip (na připojení 9V baterie)
- 2ks vodičů
- Přepínač
- Rezistor 220 Ω
- Šroub M2 (délka 8 mm)
- Dvojice tranzistorů BC 516 (2 x PNP) – 2v1 (viz obr. 5)
- Dvojice tranzistorů BC 517 (2 x NPN) – 2v1 (viz obr. 5)



Obr. 2. Potřebné součástky k výrobě.

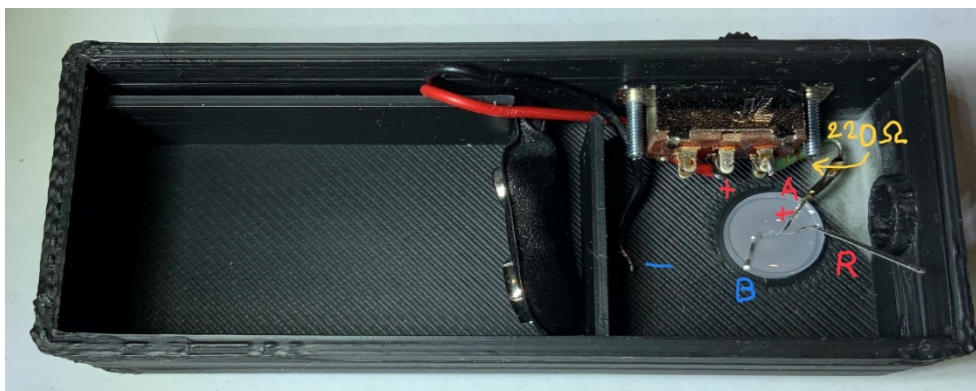
Poznámky k výrobě:

1. Spájíme přepínač s rezistorem 220 Ω a "9V" klipem.



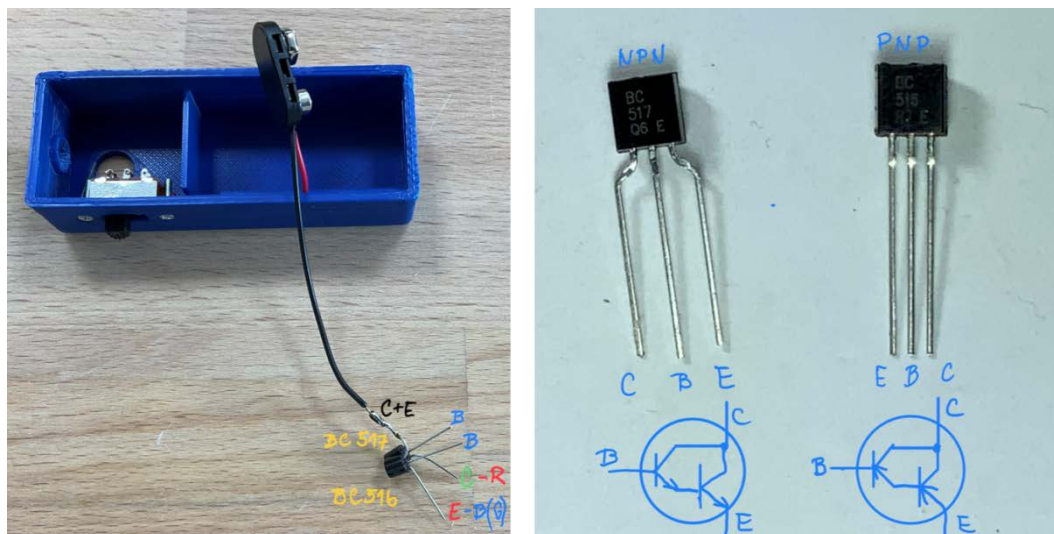
Obr. 3. Poznámka 1. (k výrobě).

2. Přepínač s rezistorem 220 Ω a "9V" klipem namontujeme do krabičky a připojíme k anodě RGB LED.



Obr. 4. Poznámka 2. (k výrobě).

3. Dvojice tranzistorů BC 517 a BC 516 spájíme emitorem (BC 517) a kolektorem (BC 516) se záporným (černým) vodičem 9V klipu.



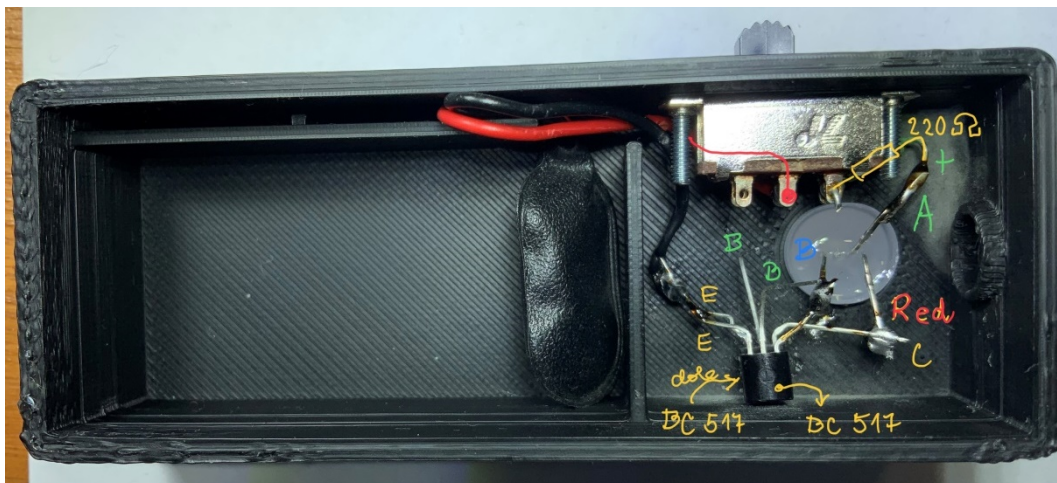
Obr. 5. Poznámka 3. (k výrobě).

4. Dvojice tranzistorů BC 517 a BC 516 spájíme emitorem (BC 517) a kolektorem (BC 516) se záporným (černým) vodičem 9V klipu (viz obr. 6).



Obr. 6. Poznámka 4. (k výrobě).

5. Emitor BC 516 připájíme ke katodě modré LEDky (RGB LEDky) a kolektor BC 517 připájíme ke katodě červené LEDky (RGB LEDky) – viz obr. 7.



Obr. 7. Poznámka 5. (k výrobě).

6. K oběma bázím (ke každé samostatně) připájíme dva “dvojvodiče” (viz obr. 8.).



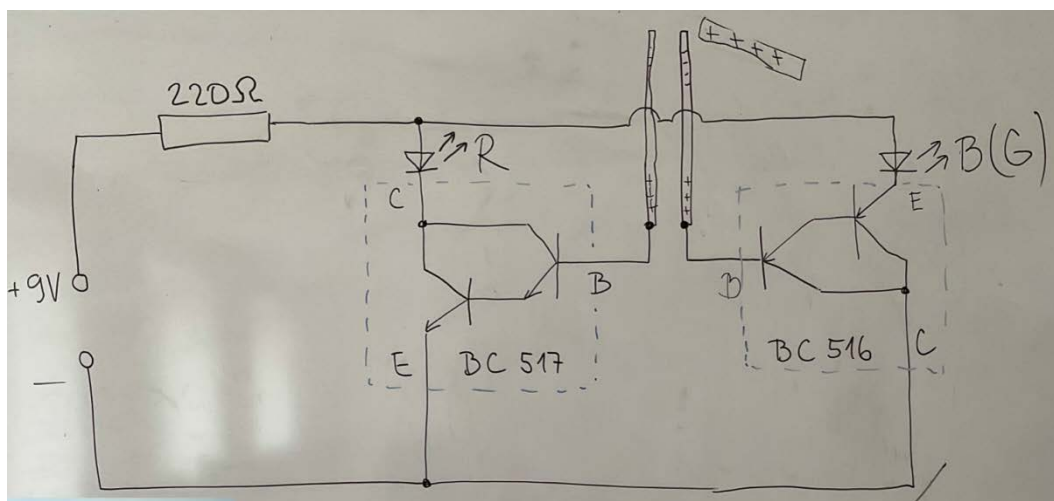
Obr. 8. Poznámka 6. (k výrobě).

7. Na vodiče (dvojvodiče) nasuneme izolaci (slámka - viz obr. 9.).



Obr. 9. Poznámka 7. (k výrobě).

8. Vyzkoušíme detektor, zda funguje (detekuje kladný a záporný náboj – viz návod v [1] a elektromagnetické pole) a pomocí tavící pistole můžeme zaizolovat a upevnit konce slámky (vnější a vnitřní konec).
9. Ještě přikládám schéma detektoru:



Obr. 10. Poznámka 9. (k výrobě).

Závěr

Detektor náboje a elektromagnetického pole využívám při výuce o „Elektrickém poli“ a o „Elektromagnetickém poli“. Verze Kyklop má tu výhodu, že proměnné elektromagnetické pole detekuje ještě jinou barvou – „purpurová“, což starší model neuměl.

Přeji hodně radosti při experimentech s Kyklopem.

Literatura

- [1] Dvořák L.: *Indikátor malých proudů*. In: Sborník VNUF 2007. Dostupné online: <http://vnuf.cz/sbornik/prispevky/07-03-Dvorak.html>

Přání s LED

Jitka Piskačová

Biskupské gymnázium Brno a mateřská škola

Abstrakt

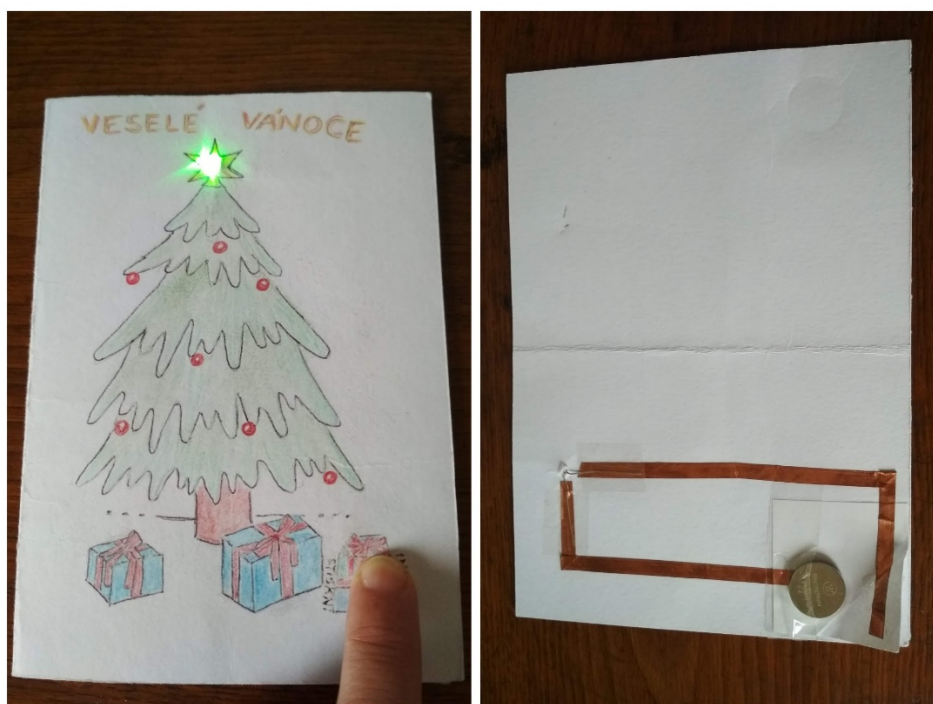
Odpočinkově kreativní dílna, na které si účastníci vyrobili přání s LED. Dle preferencí účastníků bylo možné vytvořit přání vánoční, narozeninové, či pro jiné životní události. Mám vyzkoušeno, že výrobu přání je možné realizovat i se skupinou třiceti žáků 2. stupně základní školy. Jak se ukázalo na dílně, zvládnou výrobu i někteří prvostupňoví žáci.

Jak přání využít

Inspirace – vánoční přání

Poprvé jsem viděla vánoční přání s LED u Hanky Burešové z Prahy, když referovala na Akademii Elixíru o svém projektu Malé tandemy, kde pomocí fyziky spojuje prvňáčky s deváťáky na ZŠ Ratibořická. Od ní jsem také získala návod na výrobu a vše vyzkoušela se svými kvartány [1].

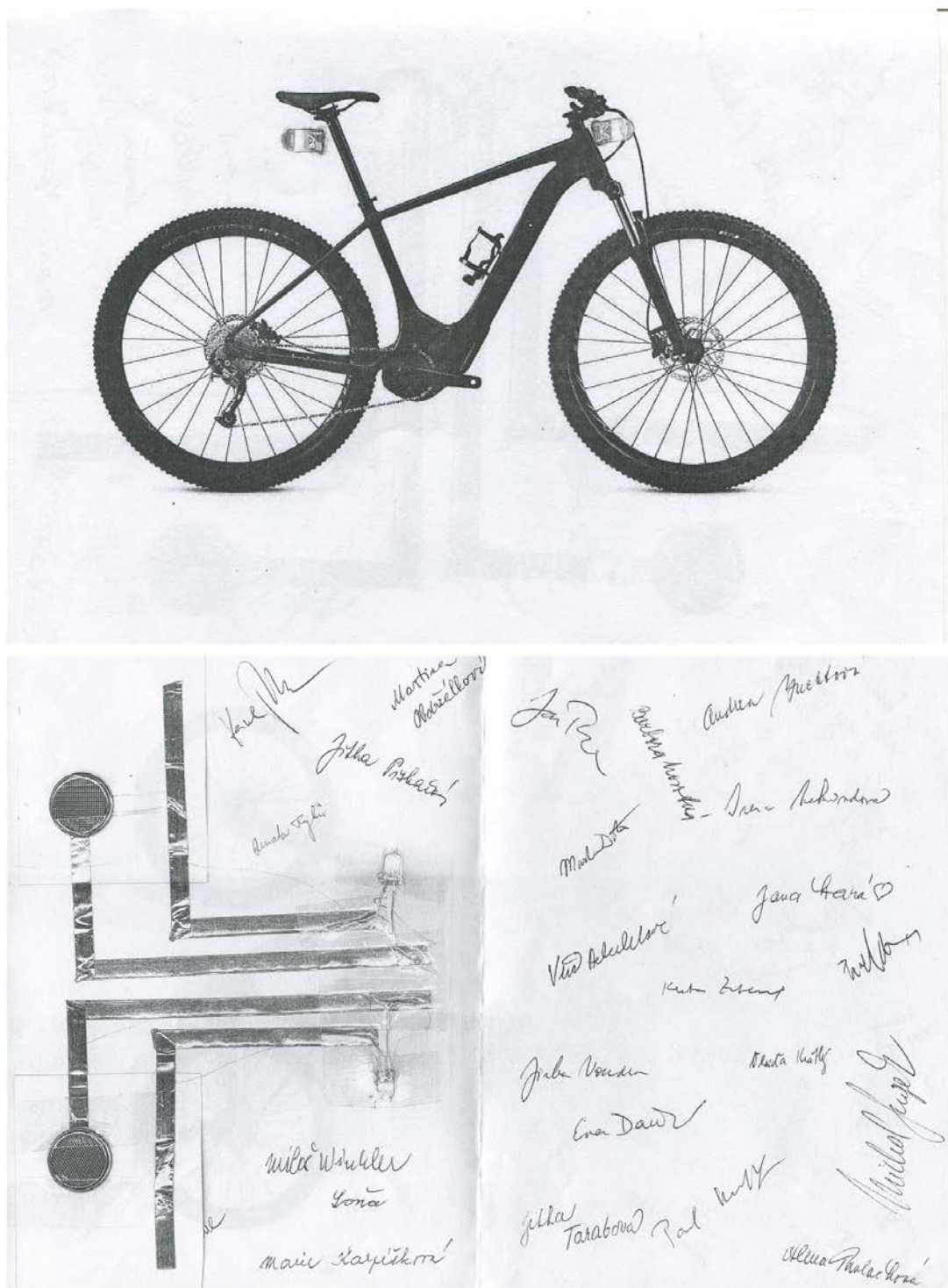
Podobné přání vyráběla na svém centru i Dana Juchelková v Těrlicku a vytvořila skvělý video návod. Její verze má elektrický obvod skrytý a přání není rozkládací. [2] a [3].



Obr. 1. Vánoční přání s LED.

Další možností využití

Využit přáníčko s LED nás napadlo v době, kdy kolega fyzikář odcházel do důchodu a vymýšleli jsme pro něj dárek. Příspěvek na nákup elektro kola jsme předali ve fyzikálním kabátku, který ocenili všichni kolegové. Obrázek je stažen odněkud z webu, přední LED svítí bíle, zadní červeně.



Obr. 2. LED přání pro kolegu.

Protože Dílny Heuréky probíhají v době, kdy je do Vánoc daleko, zkusila jsem LED využít k prosvícení hedvábného papíru v prořezávaném přání. Tato verze si získala mezi účastníky dílny největší oblibu. Technická stránka zůstala beze změny.



Obr. 3. Prořezávané přání s LED.

Pomůcky

- Bílý tvrdý papír A5 (A4 pro větší přání) + čtverec cca 6×6 cm na spínač
- Měděná samolepící páska rozměr 100×1,9 cm (stříhám na třetiny až čtvrtiny) [3]
- Knoflíková baterie CR2032, 3 V [4]
- LED dioda 1,8 mm, zelená 6500 mcd + LED dioda 1,8 mm, červená 2200 mcd [5]
- Tyčinkové lepidlo, nůžky, pastelky či fixy, tužky, izolepa
- Pro prořezávané přání navíc vylamovací nůž a barevný hedvábný papír, LED dioda bílá



Obr. 4. pomůcky na elektrický obvod.

Postup

- Papír přehneme na půlku. Na přední stranu navrhne a nakreslíme obrázek.
- Z druhé strany obrázku navrhne elektrický obvod. Propíchne papír v místě, kde chceme mít LED a nožičky LED protáhne papírem tak, aby se vzájemně nedotýkaly. Nožičky LED ohneme a případně zkrátíme.
- Spínač představuje papírový čtverec o rozměrech přibližně 6 x 6 cm. Rožek čtverce přehneme a nepřehnutou část nalepíme na přání (návrh rozložení je na obrázku 5,

malé kolečko představuje umístění LED, větší kolečko umístění baterie). Jednu část měděné samolepící pásky vedeme od jednoho konce LED na přilepenou část spínače. Druhou část měděné samolepící pásky vedeme od druhého konce LED k ohýbatelnému rohu spínače (viz obrázky 1-3, šablona na obrázku 5, postup ze [2]).

- Baterii přilepíme izolepou po okrajích shora tak, aby se svým jedním pólem dotýkala pásky na přilepeném cípu spínače a pásky přilepená na ohýbacím cípu spínače se po ohnutí vodivě spojila s druhým pólem baterie (viz [2]).
- Nakonec vyzkoušíme polaritu LED a ohnuté nožičky LED po případném zkrácení přilepíme izolepou k měděné pásce. Konce LED lze k pásce i připájet, spoj bude lépe držet.



Obr. 5. šablona s návrhem elektrického obvodu.

Prořezávané přání

Tužkou navrhne obrysy obrázku, vylamovacím nožem na podložce části papíru vyřízneme. Z druhé strany papíru nalepíme tyčinkovým lepidlem barevný hedvábný papír. LED papírem neprotahujeme, necháme ji z vnitřní strany přání, bude prosvětlovat papír. Ostatní kroky jsou stejné jako v obecném postupu uvedeném výše.

Závěr

Výtvoři účastníků dílny jsou v příloze.

Literatura

- [1] Národní galerie Elixíru, článek Vánoční přání s LED Dostupné online: <https://www.virtualnidigicentrum.cz/galerie/piskocova-vanocni-prani/>
- [2] Elixír do škol v Těrlicku, Vánoční přání [cit. 27.9.2021]. Dostupné online: <https://www.youtube.com/watch?v=2YKB-DVN-yM&list=PLApJhWZMtf2qlClyWVt8dvoVjmiZKgchP>
- [3] GM electronic [cit. 27. 9. 2021] <https://www.gme.cz/vodivy-pasek>
- [4] Jysk [cit. 27.9.2021] <https://jysk.cz/domacnost/osvetleni/zarovky-baterie/baterie-wilmer-cr2032-8-ks>
- [5] GM electronic [cit. 27. 9. 2021] <https://www.gme.cz/led-miniaturni-pouzdro>

Termočlánek v hodinách fyziky

Zdeněk Polák

Jiráskovo gymnázium V Náchodě

Abstrakt

Příspěvek obsahuje následující témata: termočlánek a jeho místo ve výuce, výroba kovového termočláanky ve školních podmínkách, termočláankový teploměr, detekce malých napětí termočláanky, magnetické pole termoelektrického proudu, Peltierův článek jako zdroj napětí, termoelektrický motor poháněný teplem svíčky.

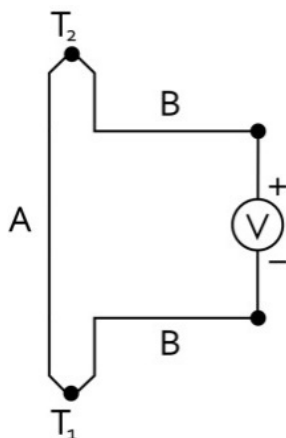
Termočlánek a jeho místo ve výuce

Považuji seznámení žáků s termočláankem za zajímavé doplňující téma. Zařazení je vhodné podle časových možností při zavádění pojmu teplota a její měření, pokud už znají pojem napětí a jeho měření. Případně v tématu tepelné stroje a přeměna tepla na práci. Nejvhodnější je ale asi při zavádění zdrojů napětí a témata týkající se teploty a tepla při tom zopakovat.

Základní typy a vlastnosti termočláanků

Co je termočlánek? Doporučuji přečíst si podrobnější popis v literatuře, např. [1], [2].

Termoelektrický jev objevil 1821 německý fyzik žijící v Estonsku Thomas Johann Seebeck. Popis, jak funguje, lze nalézt např. v [1]. V podstatě jde o to, že když vložíme kovový vodič A mezi další dva stejné vodiče B a je rozdíl teplot Δt mezi konci vodiče A, pak na volných koncích vodičů B naměříme napětí. Naměřené napětí je při malém rozdílu teplot Δt přímo úměrné tomuto rozdílu ($U = \alpha \cdot \Delta t$). Bohužel pro běžné kovové vodiče je získané napětí velmi malé, řádově desítky mikrovoltů na teplotní rozdíl jednoho stupně Celsia. Větší napětí získáme zvětšením rozdílu teplot na stovky stupňů a řazením termočláanků do série. Mnohem větší možnosti máme při použití polovodičových termočláanků, kde však jsme bohužel obvykle omezeni teplotním rozdílem na desítky stupňů Celsia. Polovodičové termoelektrické generátory TEG schopné vyrovnat se s teplotami vyššími jsou drahé.



Obr. 1. Obecné schéma termočláanky.

Většina kovových termočlánků pracuje s konstantanem. Ten pak má nižší potenciál, než druhý kov. Proč, lze vyčíst z tabulky termoelektrických napětí kovů proti platině při teplotním rozdílu teplého a studeného konce 100 °C, viz tab. 1.

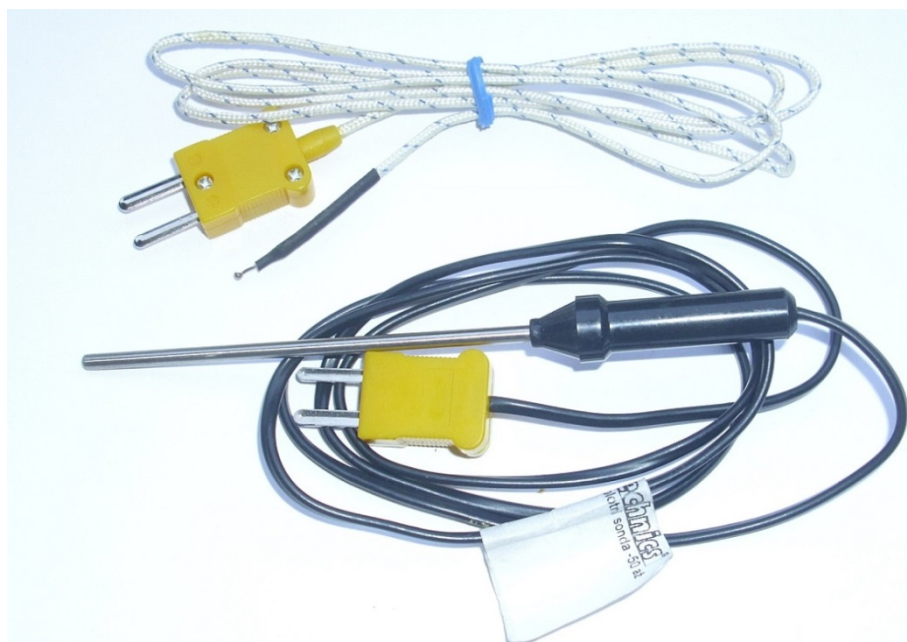
Termočlánek Niklchrom–nikl bude vytvářet napětí $U = 2,55 - (-1,55) = 4,1$ mV.

Termočlánek Železo–konstantan (Fe–Ko): $U = 1,9 - (-3,5) = 5,4$ mV (při $\Delta t = 100$ °C).

Materiál	napětí v mV
Nikl–Chrom (85Ni,15Cr)	2,55
Železo	1,9
Mosaz	1,1
Měď	0,75
Manganin (96Cu,12Mn, 2Ni)	0,68
Hliník, hořčík, cín	0,4
Platina	0,00
Nikl	-1,55
Konstantan (55Cu,45Ni)	-3,50

Tab. 1. Termoelektrická napětí kovů a slitin proti platině při teplotním rozdílu 100 °C mezi teplým a studeným spojem. Převzato z [3].

Měření termoelektrického napětí



Obr. 2. Levné měřicí termočlánky k univerzálním měřicím přístrojům. Typ K (chromel–alumel)

Pro jednoduchá měření termoelektrického napětí je nejjednodušší sáhnout po komerčně vyráběném termočláanky. Termočláanky se používají jako levné měřicí sondy k digitálním měřicím přístrojům. Typ K na obrázku 2 má použití od -50 do $+350^{\circ}\text{C}$. Horní omezení je dáno hlavně tepelnou odolností izolace vodičů a omezenou přesností díky nelinearitě závislosti napětí na teplotním rozdílu spojů. Jinak slitiny chromu a niklu mají velmi vysokou teplotní i mechanickou odolnost a běžně lze použít až do teploty spoje okolo 1000°C . Dají se koupit v cenové relaci do 100 Kč. Závislost termoelektrického napětí pro termočláanky jednotlivých typů nalezneme třeba na odkazu [4].

Můžeme se žáky měřit teplotu spoje ohřívajícího svíčkou a zjišťovat, ve kterém místě plamene dosáhneme nejvyšší teploty, naopak dotkneme-li se termočláankem kousku ledu posypaného solí, dosáhneme napětí opačné polarity.

Výroba termočláanky

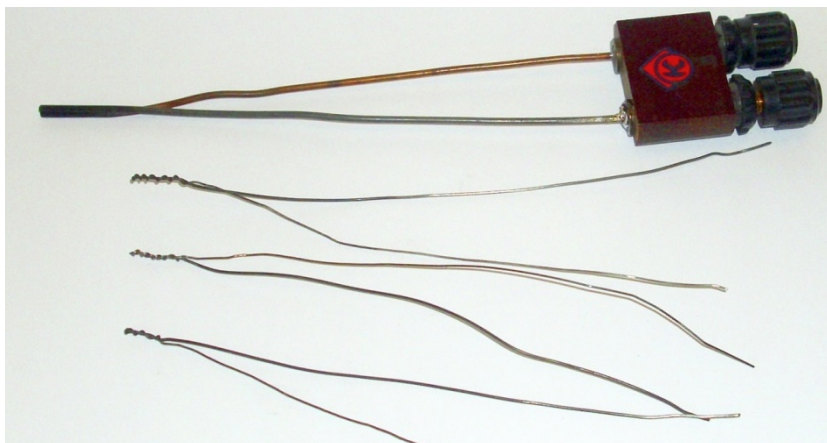
Pokud chceme termočláanky větší množství, nebo termočláanky z různých kovů, můžeme si je vyrobit sami. Při konstrukci termočláanky máme dva hlavní problémy: kde vzít vhodné vodiče a jak je spojit. Pro běžné školní pokusy používám termočláanky Fe–Ko a Cu–Ko. Měděný drát není problém, obvykle stačí stáhnout plastovou izolaci z telefonních vodičů a vyhovující měděný drát je k dispozici. Železný drát používám běžný měkký vázací. Nesmí být nijak povrchově pokovený, ani cínovaný (včelařský drát se nehodí) ani pozinkovaný. Černý vázací drát, který je pokryt tenkou vrstvou oxidu železa, vyhoví. Konstantan lze koupit jako odporový drát. Obchodní označení bývá jiné a je nutné dát pozor, jaké je složení slitiny, ze které je odporový drát vyroben. Konstantan měl původně 55 % Cu a 45 % Ni. Dnes lze koupit konstantan pod obchodním názvem Thomsen nebo IZOTAN ve složení Cu 55 % – Mn 1 % – Ni 44 %. Důležité je pohlídat si měrný elektrický odpor, který je u konstantanu $0,49\ \mu\Omega\cdot\text{m}$. Konstantanovým vodičem jsou vinuty některé velké odpory a všechny reostaty vyráběné dříve Metrou Blansko. Konstantan na reostatech i dodávaný na cívkách bývá povrchově izolovaný buď polyuretanovým lakem, nebo (běžné u reostatů), tenkou vrstvou černého oxidu. Konstantan od chromniklu, kterým také bývají navinuty drátové rezistory, poznáte tak, že konstantan je nemagnetický, chromnikl je feromagnetický s relativně nízkou Curieovou teplotou.

Důležité je kvalitní spojení kovů. Můžete je spojit kroucením, to ale nemá dlouhou životnost a spoj je velmi nedokonalý. Spájením cínem vydrží jen do teploty cca 230°C tj. plamene svíčky. Slitiny s niklem a chromem se také obtížně pájí, konstantan obsahuje hodně mědi a pájí se dobře. Lepší je nechat si termočláanky spájet tvrdou pájkou – stříbrem nebo mosazí. Nejlepší je termočláanek svařit; jednoduchý, ale velmi účinný způsob, jak svařit dráty termočláanky je popsán v [2].

Sváření termočláanky

Budeme potřebovat robustní transformátor nejlépe s odbočkami, ideálně 5-15 V/100 W. Důležité je, aby mu nevadil krátkodobý velký odběr, byl bez usměrnění a na sekundární straně bez pojistek. Dále potřebujeme: stojan s držákem, robustní uhlíkovou tyčku o průměru 6–10 mm (používám tyčku z uhlíkové obloukové lampy, ale z velkého monočláanky také vyhoví), silikonovou hadičku dlouhou cca 2 cm (průměr takový, aby šla těsně navléknout na uhlík), spojovací vodiče.

Uhlíkovou tyčinku dobře upevníme do stojanu, dolní konec připojíme k jedné svorce nízkého napětí transformátoru vodičem o průřezu minimálně $1,5 \text{ mm}^2$. Hadičku navlékneme tak, aby pružně těsnila kolem uhlíkové tyčky, na horním okraji ji necháme cca centimetr přesahovat. Do hadičky nalejeme několik milimetrů vysoký sloupec lihu. Dráty termočlánu dobře očistíme smirkovým papírem a kleštičkami zkroutíme k sobě tak, aby vznikl pevný mechanický spoj. Termočlánek asi 3 cm od svařovaného konce také dobře očistíme smirkem, vložíme do přehnutého konce silného měděného vodiče (licny) připojeného k druhé svorce nízkého napětí transformátoru a pevně sevřeme do kleští. S brýlemi na očích, nebo ještě lépe s ochranným štítem na obličeji, se lehce dotkneme volným koncem stočených drátů termočlánu, které svíráme v kleštích, konce uhlíkové tyčinky pod hladinou alkoholu. Dojde k výboji, při kterém se na konci roztaví a svaří smotané dráty. Sváření probíhá pod hladinou alkoholu, který chemicky reaguje s horkými vznikajícími oxidy a redukuje je. Vzniká tak čistý hladký svár. Bohužel trochu alkoholu vystříkne do prostoru a musíme být připraveni, že může také začít hořet. Svářet lze drátky průměru od 0,3 do 0,6 mm, záleží na napětí transformátoru a celkovém odporu obvodu. Je potřeba vyzkoušet vhodné napětí případně zařadit do obvodu malý odpor (s velkým výkonem). Běžné kovy jako železo, mosaz, měď a konstantan se sváří poměrně dobře, niklchrom obtížně. Výsledek v porovnání s komerčně vyráběným termočlánkem jako učební pomůckou je na obr. 3.



Obr. 3. Termočlánek Cu-Ko dodávaný jako školní pomůcka před půl stoletím Komeniem a trojice ve škole vyrobených termočlánků Fe-Ko svařených popsanou metodou.

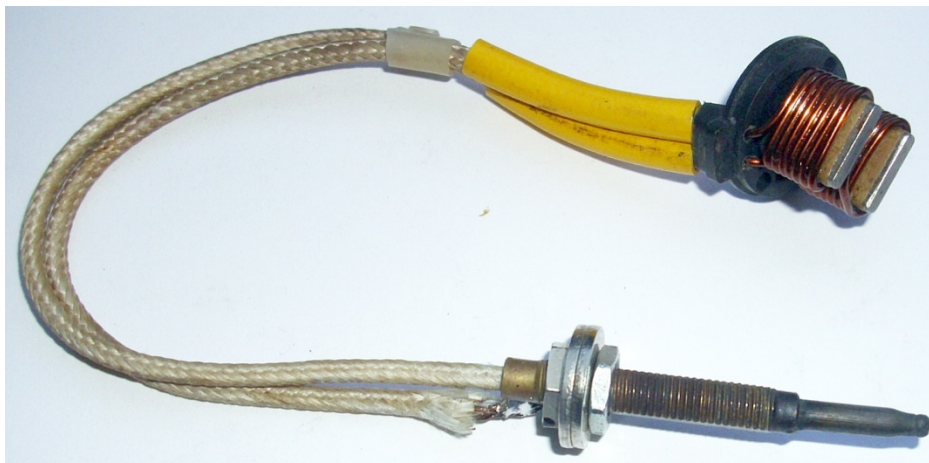
Termočlánek jako zdroj proudu

Výstupní napětí termočlánu je poměrně malé, ale při robustnější konstrukci má velmi malý odpor, a proto může generovat překvapivě velké proudy. Toho se využívá v některých komerčně vyráběných zařízeních, například v termoelektrických pojistkách plynových spotřebičů.

Termopojistka

Běžné jsou mechanické termostaty, kde mechanické vypnutí proudu v obvodu zajišťuje bimetalový pásek. Bohužel bimetal není spolehlivý a s počtem vykonaných cyklů při extrémně velké teplotní a korozní zátěži ztrácí své vlastnosti. Zvláště se to projevuje, je-li bimetal vystaven přímému plamenu, jako je tomu třeba u ovládání přívodu plynu

u plynových hořáků. Aby při poklesu tlaku plynu a zhasnutí věčného plaménku zajišťujícího okamžité zapálení hořáku při zapnutí ohřevu nedošlo po obnovení tlaku k nekontrolovanému úniku plynu, je třeba mít spolehlivou pojistku, která uvolní přívod plynu jen v přítomnosti plamene. To je zajišťováno elektromagnetickým ventilem, který je napájen proudem z termočláanky. Nechoří-li plamen, termočláanek se nezahřívá, nevzniká napětí a elektromagnetický ventil zůstává uzavřen. Na obr. 4 je termočláanek s elektromagnetem, který lze zakoupit jako náhradní díl (do 200 Kč).



Obr. 4. Termočláanek v mosazné trubičce napájí elektrickým proudem elektromagnet. Pro správnou funkci elektromagnetu stačí napětí cca 10–20 mV, které zajistí proud v obvodu řádově desetiný ampéru.

Termoelektrický motor

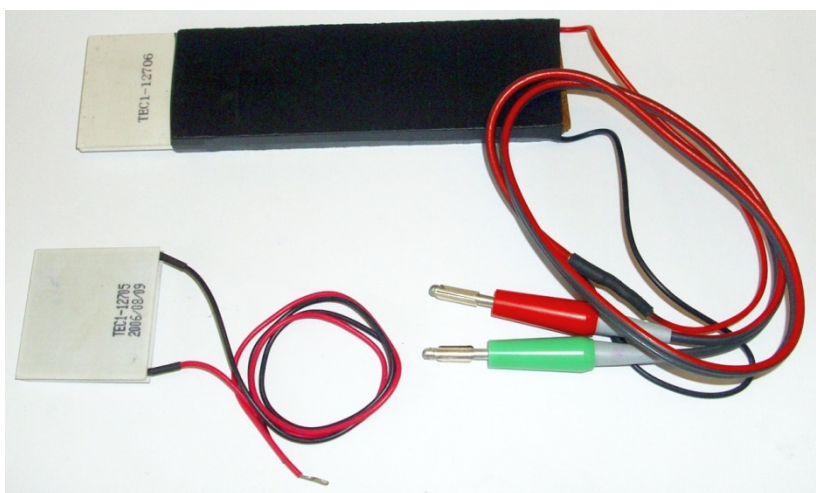
Máme-li zahříváný zkratovaný termočláanek s malým odporem, protéká jím poměrně velký proud. Toho se dá využít ke konstrukci motoru, viz obr. 5. Stator je tvořen dvěma silnými neodymovými magnety, které mezi sebou svírají silnou jehlu vetknutou tupým koncem do dřevěného podstavce. Na hrotu jehly spočívá rotor. Ložisko je tvořeno mosazným šroubkem, v jehož zářezu pro šroubovák je vyvrtán mělký kuželovitý důlek – třecí ložisko. Samotný rotor je vystřížen z měděného plechu. Střed je kruh o průměru cca 4 cm, ze kterého vybíhá 16 pásků o šířce cca 0,5 cm asi 5 cm dlouhých. Konce pásků jsou spojeny silným konstantanovým drátem. Jeho průměr je cca 1 mm a pochází z mohutného reostatu. Silné konstantanové dráty se dají také koupit v Conradu za cenu cca 800 Kč za 100 g, v podstatě nezávisle na průřezu drátu. Dráty nespojují přímo protilehlé konce pásků, ale jdou „kratší cestou“. Mezi dvěma spolu spojenými konci je pět dalších. Ušetří se materiál, sníží se vnitřní odpor termočláanky a hlavně uprostřed vznikne dostatečně velká díra k provléknutí magnetů statoru. Konstantanové dráty jsou spojeny s měděným plechem pájením cínem. Pod rotor postavíme malou čajovou svíčku přibližně před pól magnetu. Zahřátím vznikne proudová smyčka, která má magnetické pole kolmé k magnetickému poli statoru. Vzniká silový moment a rotor se začíná otáčet. Tím se ale začne ohřívát následující uzavřený termočláanek a předchozí chladne. Tak se udržuje stálý silový moment potřebný k otáčení rotoru. Pokud přemístíme svíčku na druhou stranu, otáčí se rotor opačným směrem.



Obr. 5. Motor z termočlánků.

Peltierův článek

Co nedokáže jedno spojení kovů, toho snadno dosáhne baterie několika desítek polovodičových termočlánků. Běžně lze v obchodě s elektronickými součástkami koupit tzv. Peltierovy chladicí články (viz obr. 6). Jde o baterii v sérii spojených termočlánků využívajících Peltierova jevu, který je inverzní jevu Seebeckova. Jestliže kovem zapojeným mezi dva další vodiče prochází elektrický proud, pak jeden spoj se zahřívá, druhý naopak ochlazuje. Je-li takových článků celá soustava orientovaná tak, aby teplé konce směřovaly na jednu a studené konce na druhou stranu, máme tepelné čerpadlo. Toho lze použít například při chlazení tepelně citlivých součástek. Ale obráceně, jestliže jednu stranu Peltierova článku ohříváme a druhou chladíme, máme termoelektrický zdroj napětí. Jeden takový článek při teplotním rozdílu cca 50 °C poskytuje napětí 1–2 V a proud stovky mA. To není nic zanedbatelného a takový termoelektrický článek je vděčný pro školní pokusy i jako reálný termoelektrický zdroj proudu. Bohužel povrch článků kryje velmi křehká, tepelně dobře vodivá keramika a článek je mechanicky málo odolný. Navíc podléhá snadno korozním změnám, když do něj nateče voda. Druhá nepříjemná vlastnost se dá potlačit tím, že koupíme články vodotěsně uzavřené silikonem.



Obr. 6. Peltierův článek samotný (vlevo dole) a vložený do dřevěného držáku pro vyšší mechanickou ochranu a připojenými vývody s banánky (nahore).

Peltierův článek jako zdroj napětí



Obr. 7. Sestava Peltierova článku s hliníkovým přívodem a odvodem tepla.

S Peltierovými články lze provádět řadu experimentů. Různými způsoby sestavení ohřívače jedné strany a chladiče druhé strany můžeme bez problému dosáhnout napětí něco přes volt a proud stovky miliampér. Na obr. 7. je článek sevřen mezi dvěma hliníkovými lištami o tloušťce 3 mm (tlustší by byly vhodnější), šířky přibližně odpovídající šířce článku a o délce asi 10 cm. Rovný díl sahá nad svíčku, zahnutý končí ve vodě s ledem. Článkem je roztočen motorek.

Po ustálení teplot dosahuje rovný plech nad svíčkou asi 200 °C, uprostřed asi 140 °C a na kraji, kde končí i článek, asi 110 °C. Napětí článku je necelé dva volty a proud několik desetin ampéru. Horní plocha hliníkového pásu je pro přesnější měření teploty infračerveným teploměrem nastříkána speciální černou matnou barvou určenou pro tyto účely. Termočlánek musí vydržet vysoké teploty, použitý typ je Hebei TEC1-12707HTS.

Peltierovy články TEC (Thermoelectric cooler), které mají v názvu koncovku (HT) jsou na maximální teplotu 225 °C, bez koncovky (HT) jsou pouze do maximální teploty 138 °C. Pokud potřebujete, aby byl Peltierův článek vodotěsný, vybírejte ty s koncovkou (S), která značí, že jsou po celém obvodu zasilikonované. Pokud koncovku (S) nemají, nejsou vodotěsné. Existují i varianty s koncovkou (HTS) to znamená, že jsou do 225 °C a zasilikonované. Takové se mi osvědčily, pracují bez problémů.



Obr. 8. Nejjednodušší sestava pro rozsvícení žárovky. Jeden měděný hranol leží na ledové drti, na něm leží článek a navrch je položen druhý měděný hranol ohřátý na cca 50 °C. Téměř naplno rozsvítí malou žárovku 1,2 V/0,22 A.

Místo roztočení motorku je možno rozsvítit malou žárovku (viz obr. 8). Vhodná je žárovka 1,3 V/100 mA, případně běžnější typ 1,2 V/220 mA. Další varianta uspořádání je na obr. 9.

Na rozsvícení LED je vzniklé napětí příliš malé a je zapotřebí měnič.

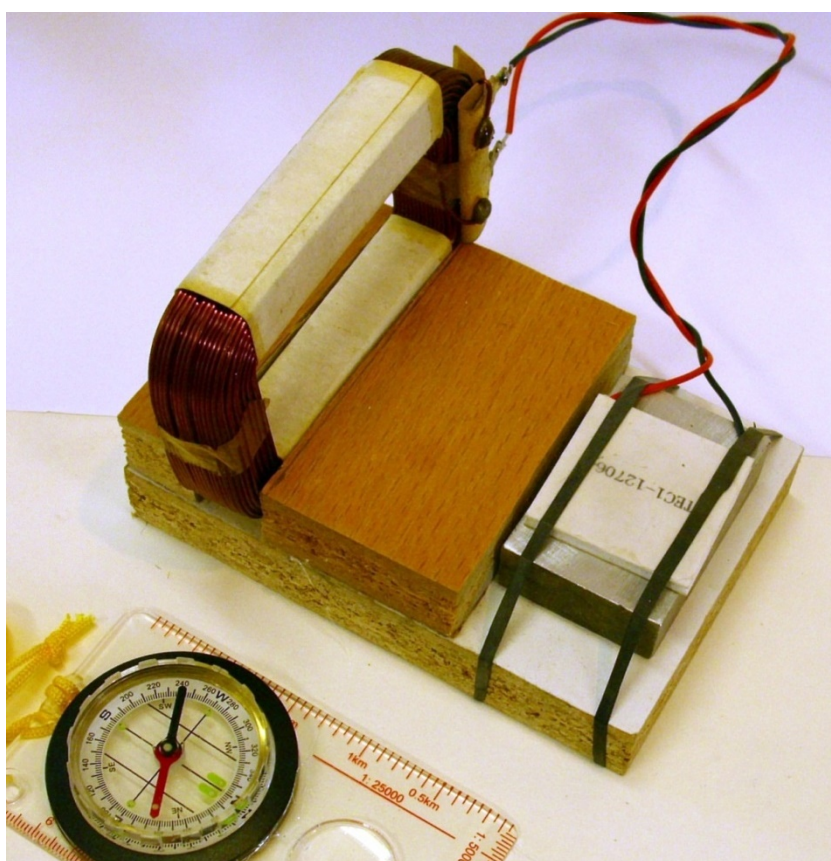


Obr. 9. Peltierův článek leží na chladiči z počítače. Chladič je ponořen do ledové vody, která ho udržuje na nízké teplotě. Navrchu leží dva měděné hranoly, které byly původně ohřátý v horké vodě na teplotu cca 50 °C. V tomto uspořádání dává Peltierův článek napětí cca 1,3 V a proud okolo 150 mA.

Magnetické pole termoelektrického proudu

Proudem, který vyrobí termočlánek, můžeme napájet elektromagnet tepelné pojistky, nebo také vychylovat magnetku magnetickým polem vzduchové cívky. Je důležité, aby cívka měla pokud možno malý odpor ale hodně závitů. Dobrý kompromis je, když odpor cívky je odpovídající vnitřnímu odporu článku a cívka má stovky závitů.

Dobře vyhověla cívka z primárního vinutí transformátoru z mikrovlnné trouby. Na obrázku 10 je cívka z mikrovlnky s výkonem 1 kW, má odpor cca $2\ \Omega$ a asi 220 závitů. Výhoda je, že má vhodnou dutinu, do které se vejde busola a z výroby je dobře zpevněna prolakováním, takže je mechanicky tuhá. Buzolu vložíme do dutiny a nastavíme severojižním směrem, aby magnetka ležela v rovině cívky. Pak stačí se dotknout jedním prstem a zahřát Peltierův článek o několik °C. Magnetka se výrazně vychýlí. Můžeme také ochladit horní stranu (např. tím, že se jí dotkneme kouskem ledu, ale postačí i navlhčit lihem a ofouknout). V tom případě je směr proudu opačný a magnetka se vychýlí na druhou stranu.



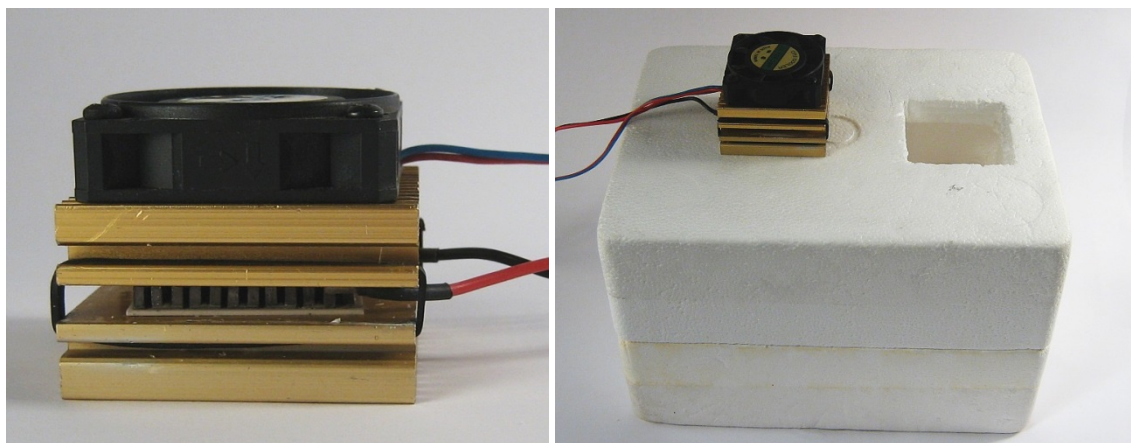
Obr. 10. Peltierův článek s cívkou. Hliníkový blok pod článkem zajišťuje svou tepelnou setrvačností minimální teplotní změny dolní plochy článku. Horní plochu ohříváme dotekem prstu, případně ochlazujeme ledem. Magnetka se vychýlí na jednu nebo na druhou stranu. Busola se při experimentu samozřejmě nachází v dutině cívky.

Chladnička pomocí Peltierova článku

Peltierovy články, které zde používáme na výrobu elektrického proudu, jsou však primárně určeny pro chlazení. Obecně, když termočlánek zahříváme a obvod uzavřeme – vzniká proud. Když termočlánek necháme procházet proud, jeden přechod se ohřívá a druhý chladí. Udělejme malý pokus. Peltierův článek připojíme k ploché baterii a uchopíme do prstů. Jedna strana se intenzivně zahřívá a druhá ochlazuje. Při otočení polarity baterie si vymění i polohu teplá a studená strana. Tento jev použijeme k sestrojení chladničky.

Budeme potřebovat Peltierův článek, dva malé chladiče z procesoru počítače (oba s větráčkem), zdroj 12 V, žárovku 12 V/10 W a krabičku z pěnového polystyrénu o vnitřním objemu několika desetin litru. Zdroj je možné použít jakýkoli, který dodá proud asi 2 A, dobrý je akumulátor nebo zdroj z PC.

Článek má dva vývody, červený a černý. Připojte k článku plochou baterii kladným pólem na červený vodič. Jedna strana se začne zahřívát, tu si označte. Článek vložte mezi dva chladiče s větráčky a pevně k sobě stáhněte např. gumičkami. Do polystyrénové krabičky vyřízněte otvor pro těsné vložení studeného chladiče větráčkem do krabice. Ohříváný chladič s větráčkem musí být celý nad povrchem krabičky (viz obr. 13). Na zdroj 12 V připojte článek v sérii se žárovkou a větráček. Žárovka omezí proud článkem pod 1 A. Dejte pozor, aby červený vodič od větráčku i článku byl připojen na kladný pól zdroje. Zkontrolujte, zda vnitřní chladič se ochlazuje a zda vnější není příliš horký. Maximální teplota uvnitř článku nesmí přesáhnout 70 °C. Chlazená část dosahuje teplot pod bodem mrazu. Sledujte, jak klesá teplota v krabici.



Obr 13 a 14. Vlevo Peltierův článek mezi dvěma chladiči z PC. Při průchodu proudu se dolní ochlazuje a horní ohřívá, proto musí být chlazen větráčkem. Vpravo je připravená krabice na chladničku o vnitřním objemu asi 1 l. Na obrázku není dolní chladná strana vybavena větráčkem. Pro dobrý provoz chladničky je nutné mít větráčky na obou stranách Peltierova článku.

Závěr

Tento článek není určen k přesnému vysvětlení termoelektrických jevů. Jde o pohled na to, jak uspořádat pokusy, aby učitel experimentoval, ukazoval, jak věci fungují, jak se fyzikální jevy využívají v praxi, prováděl odhady a jednoduché výpočty.

Zdroje a literatura

- [1] https://cs.wikipedia.org/wiki/Termoelektrick%C3%BD_jev
- [2] Šedý V.: *Rozeberte si PC*. BEN – technická literatura, Praha 2001. ISBN 80-7300-016-4
- [3] <https://www.guenther.eu/cz/>
- [4] https://www.jsp.cz/cz/sortiment/seznam_dle_kategorii/snimace_teploty/referencni_tabulky/

S žabákem Beppem v kuchyni

Jitka Soukupová a Andrea Tláskalová

Gymnázium Stříbro, ZŠ J. V. Sládka Zbiroh

Abstrakt

Žabák Beppo je maskotem debružárů po celém světě. Asociace malých debružárů České republiky vznikla v roce 1992 a jedná se o dětský a mládežnický spolek, jehož cílem je přispět k nenucenému pochopení přírodních jevů a zákonitostí, utváření nové cesty k poznání, a to zejména formou fyzikálních a chemických pokusů s jednoduchými pomůckami a badatelských aktivit v různých oblastech vědy, techniky a ekologie. A my spolu s žabákem Beppem nahlédneme do debružářské kuchyně jednoduchých fyzikálních a chemických experimentů.



Obr. 1. Žabák Beppo – maskot debružárů.

Beppo nahlíží pod pokličku optických iluzí

1. Sugihariho optické iluze

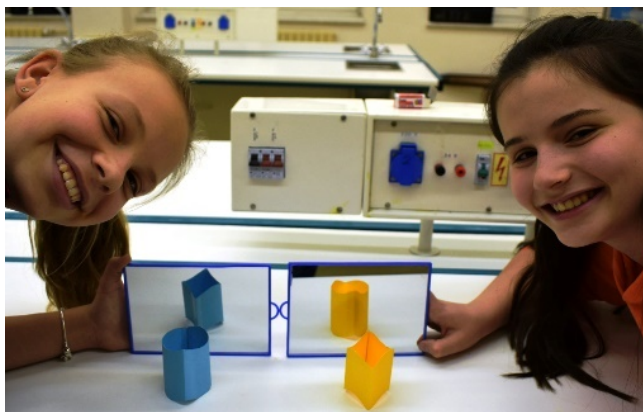
Japonský matematik Kokichi Sugihara vytvořil atypické zrcadlové iluze. Odraz v zrcadle absolutně neodpovídá tomu, co vidíme před sebou.

Sugihariho iluze jsou založené na tom, že náš mozek předpokládá tu nejpravděpodobnější variantu. Jedná se o iluze, které jsou ovlivněny takzvanou vynucenou dvojí perspektivou a netradičním tvarem tělesa. Sugihara jej nazval "squircle" – square = čtverec a circle = kružnice.

Při přímém pohledu vidíme z válce čtvercový obraz a v zrcadle kruhový obraz nebo naopak. Ve skutečnosti je výchozí kombinace kruhu a čtverce, která má asymetrický tvar, z poloviny je tvar tělesa konvexní (dutý) a z poloviny konkávní (vypuklý).

Výsledek je ovlivněn tím, z jakého úhlu obraz pozorujeme. Zrcadlo nám umožňuje díky odrazu vidět dva různé pohledy, zatímco náš mozek předpokládá přední a zadní pohled tvarově stejný.

Papírové šablony jsou k dispozici na [1].



Obr. 2. Papírový „squircle“.

2. Jastrowova optická iluze

Optický klam popsáný americkým psychologem Josephem Jastrowem již v roce 1892.

Jde o perspektivu, kdy se v tomto případě dva zahnuté kusy po přiložení vedle sebe zdají rozdílně dlouhé, ale ve skutečnosti jsou identické.

Za vše může kontrast dlouhé vrchní strany s kratší spodní, který zmate lidský mozek.



Obr. 3. Jastrowovy mističky.

Beppo odkrývá pokličku z hrnce experimentů nejen s ovocem

1. Kiwi dvakrát jinak

Plave, nebo klesá ke dnu?

Pomůcky: 2 průhledné kelímky, 2 kiwi, voda z kohoutku, Sprite (tonik nebo perlivá voda)

Téma: chování těles v kapalině, oxid uhličitý, průměrná hustota

Postup: Do kelímků vložíme kiwi a zalijeme jednou kohoutkovou vodou a jednou Sprite a pozorujeme chování kiwi v obou kapalinách.

Vysvětlení: Ve vodě kiwi zůstane u dna, protože jeho hustota je větší než hustota vody. Ve Sprite po chvíli kiwi vyplave na hladinu. Sprite je limonáda výrazně sycená oxidem uhličitým, jehož bublinky obalí chloupky kiwi a sníží jeho průměrnou hustotu natolik, že kiwi vyplave ke hladině. U hladiny oxid uhličitý uniká do vzduchu a my můžeme

pozorovat, jak se kiwi otáčí. Důvodem otáčení je různá hustota části s bublinkami a části, ze které bublinky unikly.



Obr. 4. Kiwi ve vodě (vlevo) a ve Sprite (vpravo).

Kiwi – žrout medvídků

Pomůcky: 2 mističky, vidlička, 2 kiwi, kiwi džus, želatinové medvídky (nebo jiné želatinové bonbony)

Téma: Bílkoviny, enzymy, štěpení bílkovin

Postup: Do jedné mističky rozmačkáme vidličkou dvě kiwi, do druhé nalijeme kiwi džus. Do obou vložíme 3 až 4 červené (pouze pro barevné odlišení) želatinové medvídky. Experiment sledujeme po dobu dvou dnů.

Vysvětlení: Ve šťávě z čerstvého kiwi se medvídek postupně rozpustí. Kiwi, stejně jako ananas a papája, obsahuje enzym patřící do skupiny takzvaných proteáz, které rozkládají bílkoviny. Gumoví medvídky se vyrábějí ze želatiny, což je upravená živočišná bílkovina. Enzym postupně „stříhá“ molekuly bílkoviny na menší části, želatina se rozvolňuje a nakonec se rozpustí. Kiwi džus se při výrobě ošetřuje vysokou teplotou, aby se nekazil. Proteázy v něm proto nejsou aktivní a medvídek zůstává celý. Naopak mírně nabobtná, jak želatina nasává vodu.

2. Mandarinka dvakrát jinak

Svíčka z mandarinky

Pomůcky: 1 mandarinka, olivový olej, zápalky, nůž

Téma: hoření, vztlínání, éterické oleje

Postup: Mandarinku rozkrojíme napůl „na rovníku“. Opatrně nakrojíme otvor mezi kůrou a dužinou a dužinu vyloupneme tak, abychom neodtrhli a nepoškodili semeníkový sloupek uprostřed mandarinky. Do mističky z mandarinky nalijeme zhruba do poloviny olivový olej a chvíli počkáme, aby olej nasáhl jak porézní dužina, tak semeníkový sloupek. Následně zapálíme knot – semeníkový sloupek.

Vysvětlení: Vůně je způsobena nejen olivovým olejem, ale i silicemi z mandarinky. Silice jsou éterické oleje, které se nacházejí ve svrchní slupce pomeranče. Jsou to těkavé

organické látky a snadno se šíří prostorem. Hlavní složkou pomerančových silic je limonen, díky kterému cítíme příjemnou citrusovou vůni. Pomerančové silice jsou hořlavé.

Knot v tomto případě na rozdíl od klasické svíčky téměř nehoří. Knot funguje jako přírodní potrubí, které nasává olej. Jak je knot na špičce rozžhavený, dochází k rozkladu a částečnému odpařování oleje. Teprve tyto plynné produkty rozkladu hoří.



Obr. 5. Svíčka z mandarinky a olivového oleje.

Tři mandarinky v kelímku

Pomůcky: 3 mandarinky, voda a 3 velké průhledné kelímky

Téma: hustota látek, průměrná hustota, Archimédův zákon

Postup: Do tří kelímků nalijeme vodu, jednu mandarinku oloupeme, jednu oloupeme z části a jednu necháme neoloupanou. Každou ponoříme do jednoho z kelímků s vodou a pozorujeme, jak se bude chovat.

Vysvětlení: V kůře a mezi kůrou a dužinou mandarinky je velké množství vzduchu, proto je průměrná hustota neloupané mandarinky menší, než hustota vody a mandarinka plave. Po oloupaní kůry mandarinka ve vodě klesá ke dnu, její průměrná hustota je větší než hustota vody. Zčásti oloupaná mandarinka plave a vždy se otočí kůrou vzhůru.

3. Zelená káva dvakrát jinak

Dvě kávy v jednom

Pomůcky: pražená zrnková káva, zelená zrnková káva, průhledný kelímek a vodu

Téma: hmotnost, objem, hustota

Postup: Do kelímku s vodou nasypeme hrst zrněk zelené kávy a hrst zrněk pražené kávy a sledujeme, co se bude dít.

Vysvětlení: Zelená nepražená káva ve vodě klesá ke dnu, zatímco pražená káva ve vodě plave. Rozdílná hustota pražené a nepražené kávy souvisí právě s jejím pražením. Délkou a intenzitou pražení se obsah vody a rozpustných látek v kávě zmenšuje, na konci pražení káva ztrácí 15 až 20 procent původní hmotnosti. Během pražení zároveň káva nabývá na objemu, a to až o 40 % původního objemu (viz [2]).

Zelená, nebo fialová káva?

Pomůcky: tři kádinky, lžička, rychlovarná konvice, zelená mletá káva, destilovaná voda, kohoutková voda a minerální voda s vysokým obsahem železa

Téma: barevné změny Fe^{3+}

Postup: Do každé kádinky nasypeme dvě lžičky mleté zelené kávy, kterou zalijeme jednou horkou destilovanou vodou, podruhé horkou kohoutkovou vodou a naposledy horkou minerální vodou.

Vysvětlení: V železité minerální vodě dojde postupně ke zmodrání kávy, protože zelená káva obsahuje deriváty fenolu a fenoly tvoří s kationty Fe^{3+} různě zbarvené komplexy. U pražené kávy tomu tak není, protože při pražení dochází k sublimaci fenolů. U kohoutkové vody může být výsledek odlišný podle zdroje vody. Železitá kohoutková voda je slabě namodralá, nikoli však fialová.



Obr. 6. Zelená káva v železité minerální (vlevo), kohoutkové a destilované vodě (vpravo).

Beppo experimentuje s termokamerou nejen v kuchyni

Úvodní informace: Termovize do škol, EDUgrant pro ZŠ a SŠ

Termovize do škol – výukové sady s termokamerou LabIR Edu Kit pomáhají žákům a studentům zábavnou a interaktivní formou pochopit, jak funguje teplo, více informací, náměty na experimenty a pozorování naleznete na [3].

EDU grant pro ZŠ a SOŠ a SOU – kamery do školy jsme si pořídili díky podpoře EDU grantu pro školy, který je určen základním školám, středním školám a středním odborným učilištím, které chtějí aktivně a smysluplně využívat moderní technologie ve výuce s důrazem na vhodnou metodiku. Další informace viz [4].

Endotermické a exotermické reakce termokamerou

Kádinko vař

Pomůcky: technický peroxid vodíku (30 až 33 %), odměrný válec nebo baňka, manganistan draselný a termokamera

Postup: Do baňky s velmi malým množstvím peroxidu vodíku vhodíme krystalek manganistanu draselného (používejte rukavice a brýle).

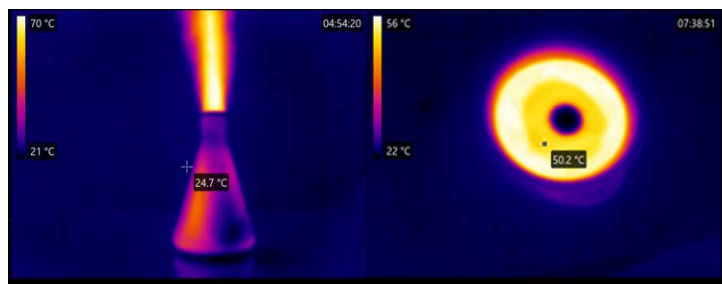
Výsledek pozorování: Termokamerou sledujte probíhající reakci, kdy dochází k masivnímu uvolnění kyslíku a reakce je zároveň silně exotermická.

Bomba do koupele

Pomůcky: miska, teplá voda (30 až 40 °C), šumivá bomba do koupele a termokamera

Postup: Do misky s vodou vhodíme šumivou bombu do koupele.

Výsledek pozorování: Termokamerou sledujte probíhající reakci, kdy dochází k uvolnění oxidu uhličitého a reakce je endotermická.



Obr. 7. Exotermické a endotermické reakce termokamerou

Zdroje a literatura

- [1] Papercirclesquare. <http://users.dickinson.edu/~richesod/papercirclesquare.pdf>
- [2] Petra Davies Veselá: Velká kniha o kávě. Smart Press 2018
- [3] LabIR Edu. <https://edu.labir.cz/>
- [4] EDUgrant. <https://edugrant.cz/>

Hydraulický zvedák

Hana Trhlíková

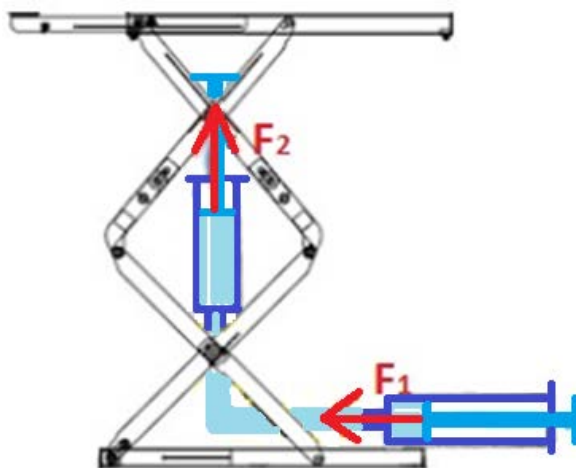
Základní škola Sokolov, Křižíkova 1916

Abstrakt

Cílem této dílny bylo vyrobit si jednoduchý hydraulický zvedák ze snadno dostupných materiálů a dotištěných komponentů na 3D tiskárně.

Princip hydraulického zvedáku

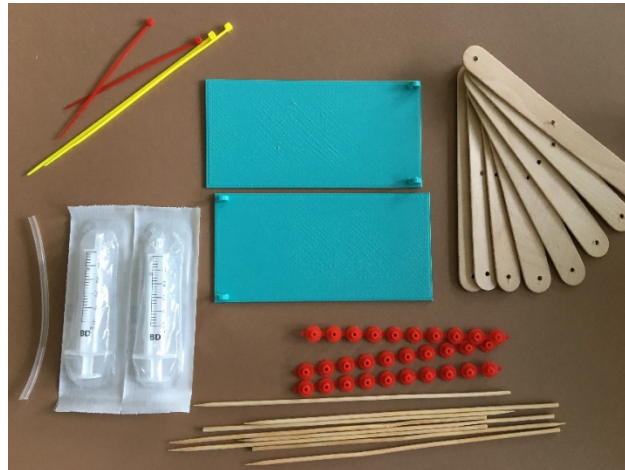
Ovládací mechanismus hydraulického zvedáku je tvořen dvěma nádobami s pohyblivými písty, které jsou naplněné kapalinou. Při přenosu síly se využívá nestlačitelnost kapaliny. Výrobu pomůcky, nebo alespoň její předvedení při výuce je vhodné zařadit do tématu hydrostatiky na základní škole.



Obr. 1. Schéma hydraulického zvedáku.

Výroba hydraulického zvedáku

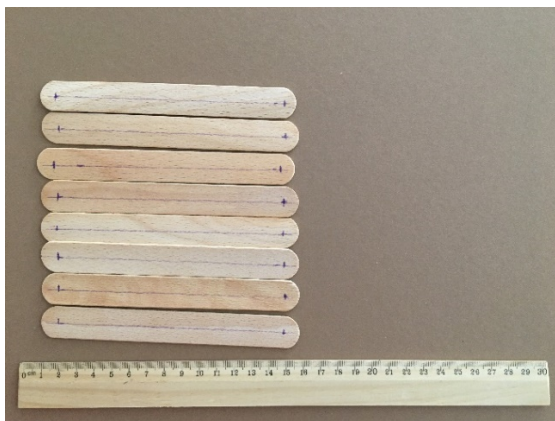
K výrobě zvedáku jsme použili: dřevěné špachtle šířky 15 cm (8 ks), 2 injekční stříkačky, 15cm gumovou hadičku (hadička z infuzní sady – zdravotnické potřeby), 4–6 ks stahovací pásky, 8–10 ks bambusových špejlí, 2 ks tištěných destiček s otvory, 20–30 ks tištěných závlaček na zajištění stability modelu.



Obr. 2. Materiál k výrobě hydraulického zvedáku.

Jako pomůcky využijete: vrtačku s vrtákem 3 mm (o trochu větší průměr, než mají špejle) a dřevěnou podložku, vteřinové lepidlo – doporučuji gelové, zalamovací nůž na ořezání špejlí, štípací kleště na zkrácení špejlí.

Nejdříve jsme rozměřili otvory na špachtlích – okrajové otvory jsou umístěny 13 cm od sebe, vše symetricky. Tady je nutná přesná práce, jinak může být model snadno křivý. Při výběru špachtlí je důležité, aby byly rovné.

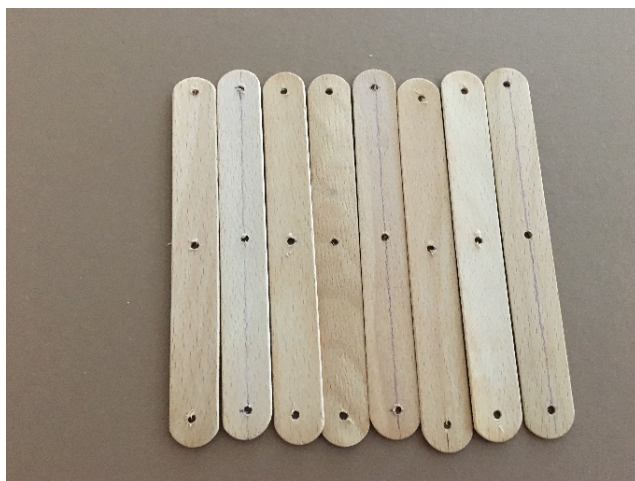


Obr. 3. Naměření otvorů na špachtlích.



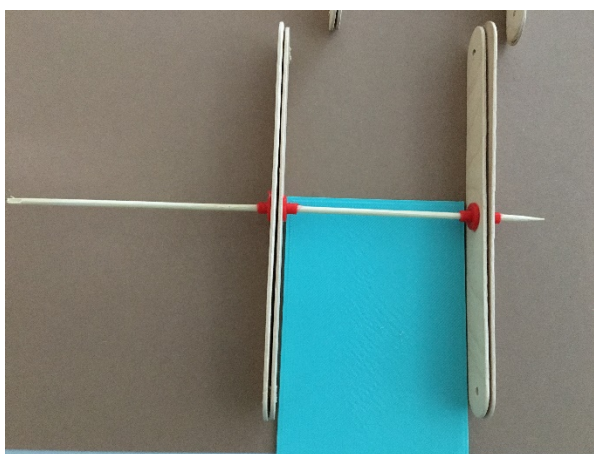
Obr. 4. Vrtání otvorů pro špejle.

Okrajové otvory i střed vrtáme na dřevěné podložce. Tady je nutné pracovat jemně – vrtačkou netlačit, jinak mohou špachtle praskat.



Obr. 5. Připravené špachtle na stavbu zvedáku.

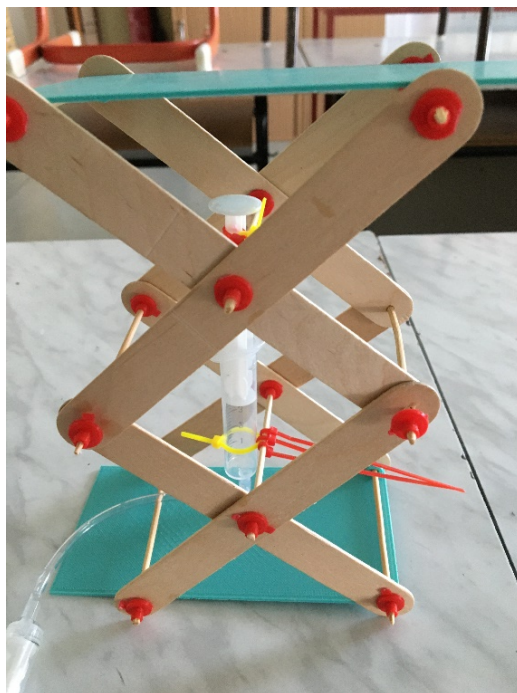
Stavbu zvedáku začneme vytvořením dvou samostatných pater. Každé patro vytvoří dvě dvojice špachtlí propojené uprostřed špejlí. Vzdálenost špachtlí volíme tak, aby se mezi ně vešla podstavová destička s vřítí asi 1 mm po stranách, viz obr. 6.



Obr. 6. Příprava jednoho patra – rozměrování vzdálenosti špachtlí.

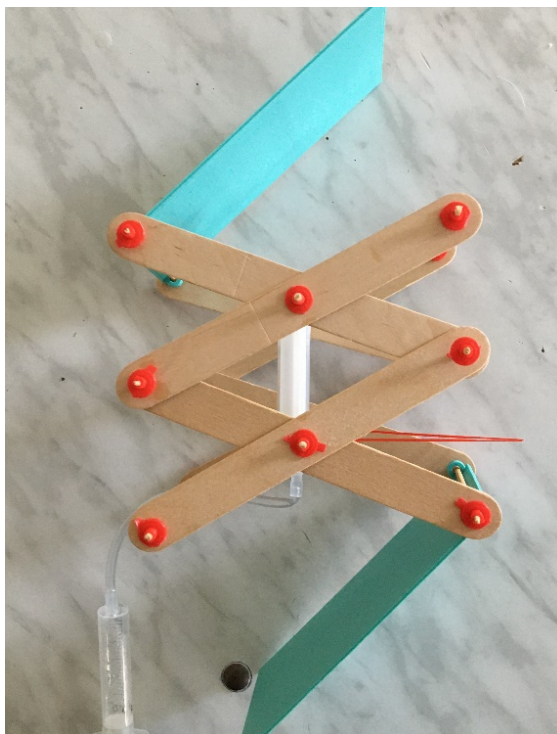
Špachtle fixujeme pomocí závlaček, které navlékneme zevnitř i zvenčí. Závlačky mohou být vytištěny tak, aby se daly použít bez lepení (v tomto případě je práce trochu fyzicky náročnější), nebo s většími otvory (k zafixování je musíme ke špejlím lepit). V dílně jsme použili závlačky s menšími otvory – práce bez lepení.

Připravená patra složíme na sebe a spojujeme pomocí okrajových otvorů v špachtlích. Spojení provedeme pomocí špejlí a závlaček. Tady je důležité zachovat správnou polohu vnějších a vnitřních špachtlí, aby byla stavba souměrná.



Obr. 7. Stavba pater na sebe.

Podstavovou destičku upevníme na jedné straně ke špachtlím, druhá strana zůstává pohyblivá – volné konce taky propojíme špejlí se závlačkami. Podstavovou destičku fixujeme závlačkami pouze zvenčí.

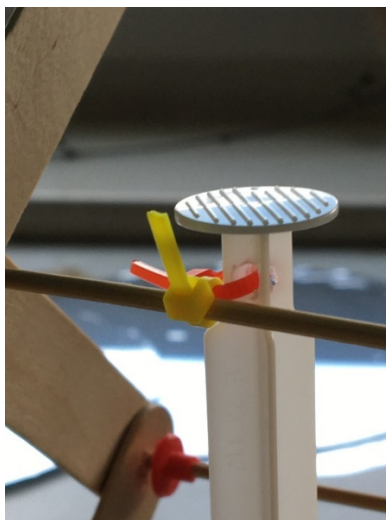


Obr. 8. Umístění podstavových destiček.

Podobně upevníme horní destičku zvedáku. Upevnění horní a dolní destičky je na opačných stranách – při převrácení modelu vypadá vše stejně.

Osazení hydrauliky

Do koncové části pístu jedné stříkačky provrtáme otvor takové velikosti, abychom jím protáhli stahovací pásku. Otvor vrtáme skrz celý střed – asi 1 cm od okraje, viz obr. 9.



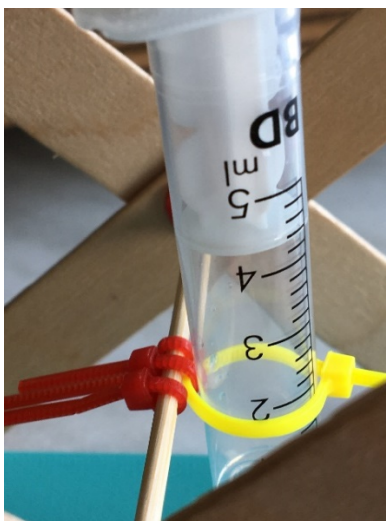
Obr. 9. Umístění otvoru na horní stříkačce a její upevnění na kostru.

Stříkačky před upevněním na kostru zvedáku propojíme hadičkou z infuze. Jde to ztěžka, ale vše pak výborně drží. Během umisťování používáme prázdné stříkačky.

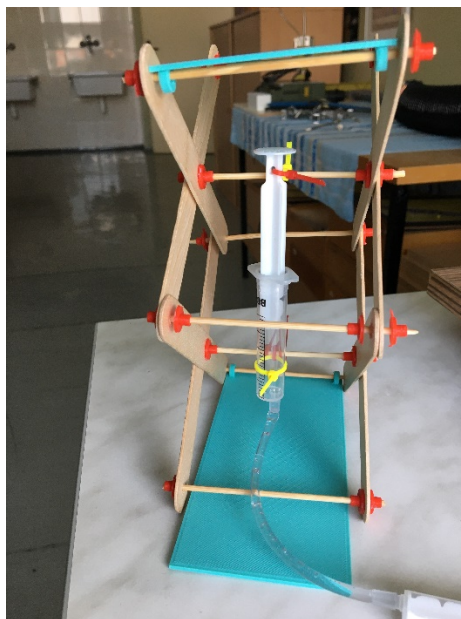
Upevnění provrtané stříkačky provádíme ve dvou bodech ve středové části zvedáku.

Píst zafixujeme na horní špejli pomocí dvou stahovacích pásek – první dáme na samotný píst a vytvoříme tak očko, druhou toto očko připevníme ke špejli. Obě pásky pak utáhneme, aby se stříkačka nepohybovala.

Spodní část stříkačky podobným způsobem upevníme na dolní středovou špejli. Tady jsme použili i dvě postranní pásky na zafixování upevnění stříkačky proti posunu do stran.



Obr. 10. Upevnění stříkačky na dolní středovou špejli.



Obr. 11. Pohled ze strany na upevnění.

Hotovým hydraulickým zvedákem se dá volně otáčet, destičky vyklápět, takže naplnění hydrauliky vodou je jednoduché. Naplníme nádobku volné stříkačky (upevněná stříkačka má stlačený píst), vodu z ní protlačíme do upevněné stříkačky. Otočíme model volnou stříkačkou nahoru, abychom mohli zbytky vzduchu vytlačit. Stlačením upevněné stříkačky vytlačíme hadičkou vzduch, a pak doplníme do volné stříkačky vodu a uzavřeme ji pístem.

Dílna byla časově, fyzicky a občas i psychicky dost náročná z důvodu obtížného osazování závlaček. Konce špejlí bylo nutné občas seříznout do hrotu, aby šlo závlačky snadněji navlékat, někdy vyměnit závlačky, protože se navlékaly ztěžka. Důležitá byla také volba špejlí – každá je trochu jinak tlustá, některé nejsou rovné.

Přes veškerá úskalí si všichni dospělí účastníci a dvě děti odnesli hotové funkční zvedáky. Všichni byli spokojeni, když viděli výsledek své práce.

Usměrňování střídavého proudu

Daniel Vybíral

GALILEO SCHOOL, Frýdek-Místek

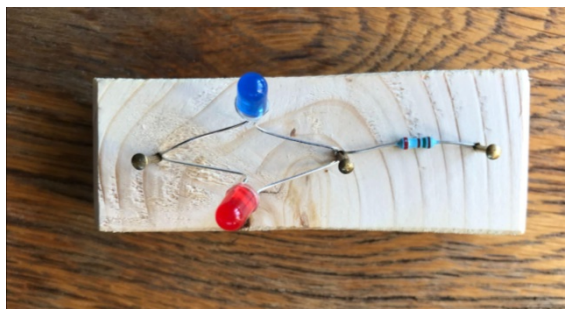
Abstrakt

Tato dílna proběhla na Dílnách Heuréky v roce 2021. Na dílně jsme si vyzkoušeli způsoby usměrňování střídavého proudu, tyto jsme si proměřili a diskutovali jsme o naměřených grafech. Ve druhé části dílny jsme si vyrobili zkoušečku a diodový a LED diodový můstek.

Dílna je inspirována fyzikálním šuplíkem Václava Piskače a skládá se ze dvou částí. V první jsme si vyzkoušeli experimenty a kladli si otázky ohledně grafů. Ve druhé jsme si vyrobili pomůcky.

Didaktická část

V první polovině dílny jsme si postupně představovali pomůcky, které si ve druhé části vyrobíme. První pomůcka je zkoušečka.



Obr. 1. Zkoušečka.

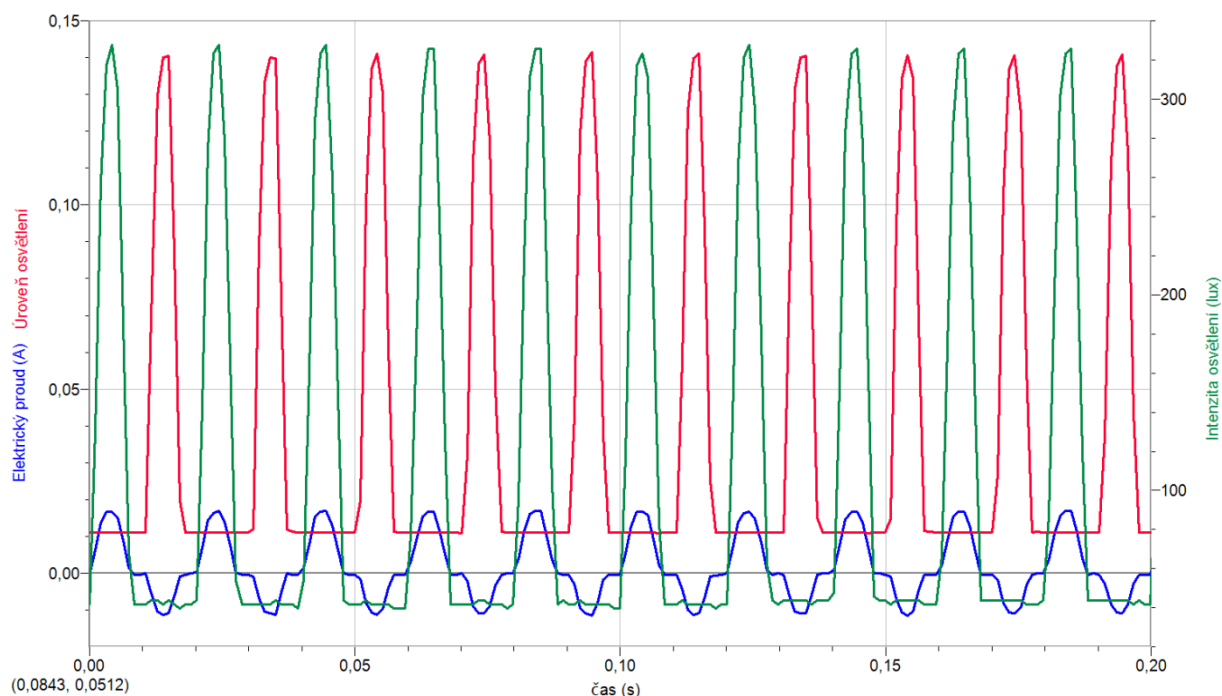
Zkoušečka se skládá ze dvou LED zapojených opačně. Když ji budeme zapojovat na baterku, jednou bude svítit jedna dioda, při změně polarity na baterce bude svítit druhá dioda.

Otázka 1: Co se stane, když zkoušečku zapojím k laboratornímu zdroji střídavého proudu (stačí 3 nebo 6 V)?

Zde se mi většinou dostanou dvě odpovědi: „Budou svítit obě.“ nebo „Budou blikat.“

Otázka 2: Jak bychom se mohli přesvědčit, že blikají?

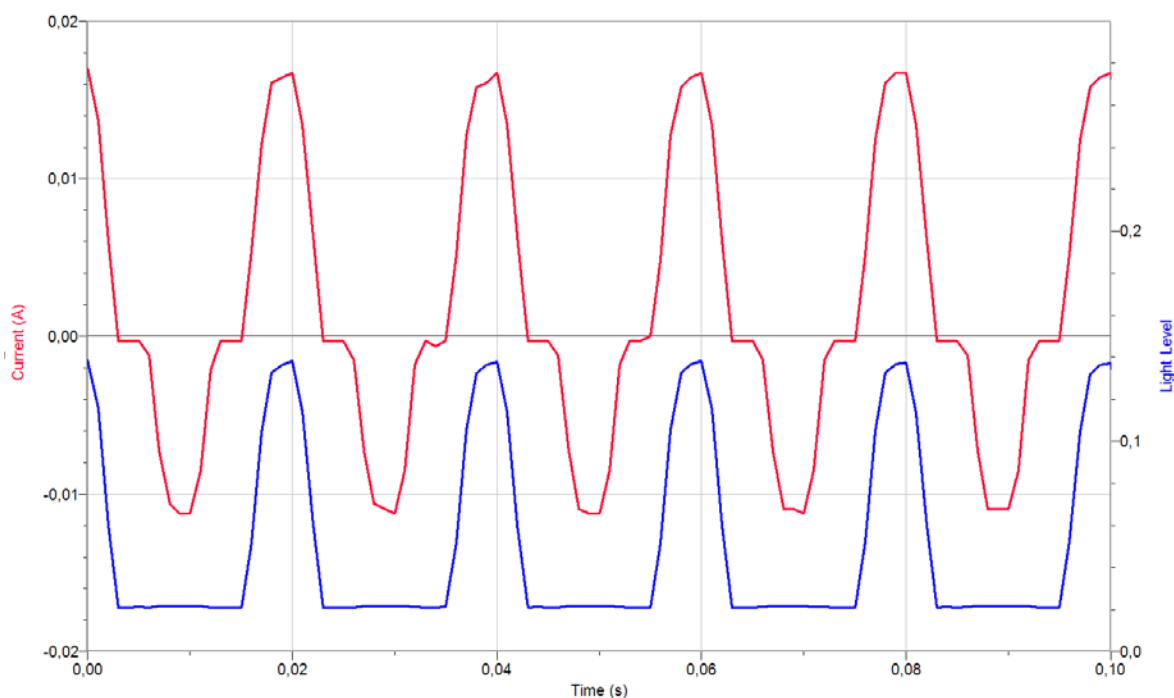
Možností je několik. Jedna je hýbat destičkou zkoušečky ze strany na stranu. Druhá je natočit diody na video v režimu slow motion. Na většině mobilů takový režim je, určitě někdo ve třídě bude mít mobil s tímto režimem. Video je možné i pouštět snímek po snímku, kde je zřejmé, že diody blikají. Třetí možnost je změřit pomocí čidel, jak která dioda svítí. Pokud zvolíte zkoušečku jako já, kde jedna dioda svítí výrazně více než druhá, bude vám čidlo u méně svítivé diody „chytat“ i svit té druhé. Můžete se žáků zeptat, co se to stalo, případně, jak tento problém vyřešit. Po odstínění listem papíru už je na grafu pěkně vidět, že diody skutečně střídavě blikají.



Obr. 2. Blikající LED při střídavém proudu

Možná budete mít problém jako já, že nemáte dvě čidla. Pro zbytek měření nám už ale stačí čidlo jedno, takže stačí světelná sonda, která je v některých centrech Elixíru k zapůjčení u vedoucího centra.

Nejdříve si naměříme, jak svítí jedna dioda u neusměrněného napětí. Stačí, když budeme měřit po dobu 0,1 sekundy při frekvenci měření kolem 900 za sekundu. Někdy je potřeba měření opakovat, případně vyzkoušet různé frekvence, aby nám vyšel pěkný graf bez zubů.



Obr. 3. LED při střídavém proudu.

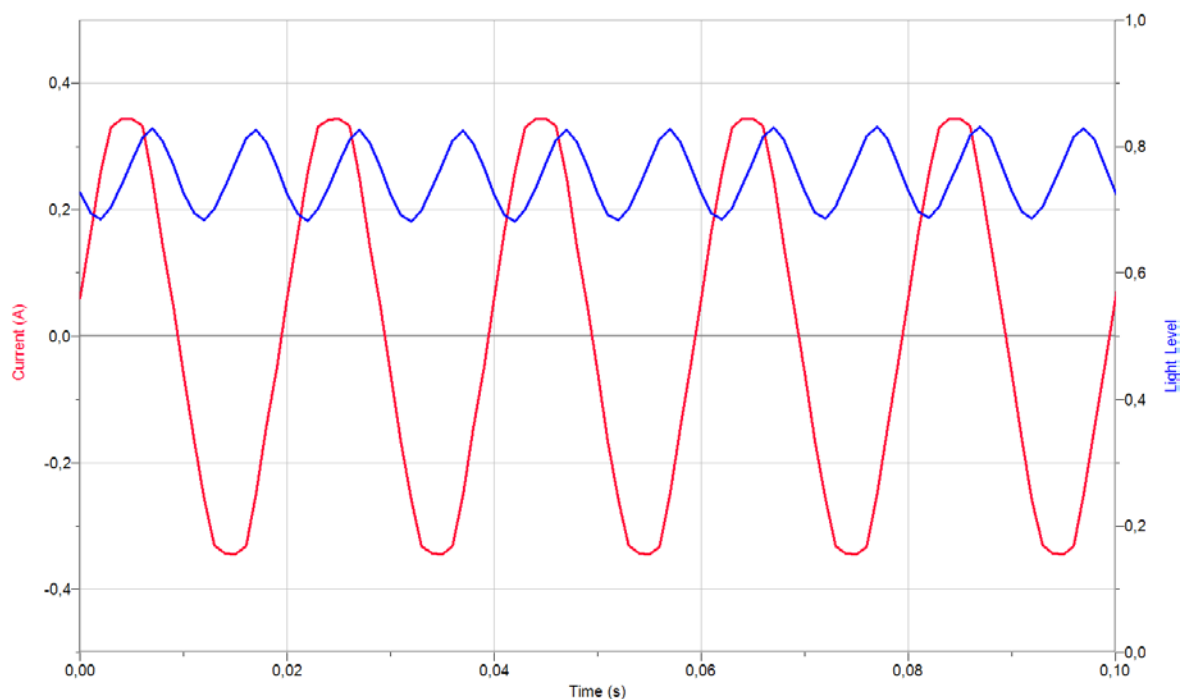
Na obrázku vidíme, že křivka grafu není sinusoida, ale jsou tam úseky nulového proudu.

Otázka 3: Proč se v grafu vyskytují úseky s nulovým proudem?

Odpověď plyne z voltampérové charakteristiky diody, jednoduše řečeno, při malých proudtech při střídání polarity dioda nesvítí, svítit začíná až při určitém proudu. Další problém je, že při záporném proudu dioda nesvítí vůbec. Celkově je tedy využita jen asi třetina času na svícení.

Otázka 4: Co se stane, když místo diody zapojíme na výstup žárovku?

Žárovce je jedno, kterým směrem teče proud, a svítí v obou případech. Současně také nepotřebuje žádné minimální napětí, aby se rozsvítila. Bude tedy pohasínat a opět se rozsvícovat podle měnícího se napětí, ale s určitým zpožděním, protože vláknu trvá nějaký čas, než reaguje na změnu napětí. Na druhou stranu dioda reaguje na změnu napětí okamžitě. Toto všechno si mohou žáci uvědomit, když jim položíme následující otázku.

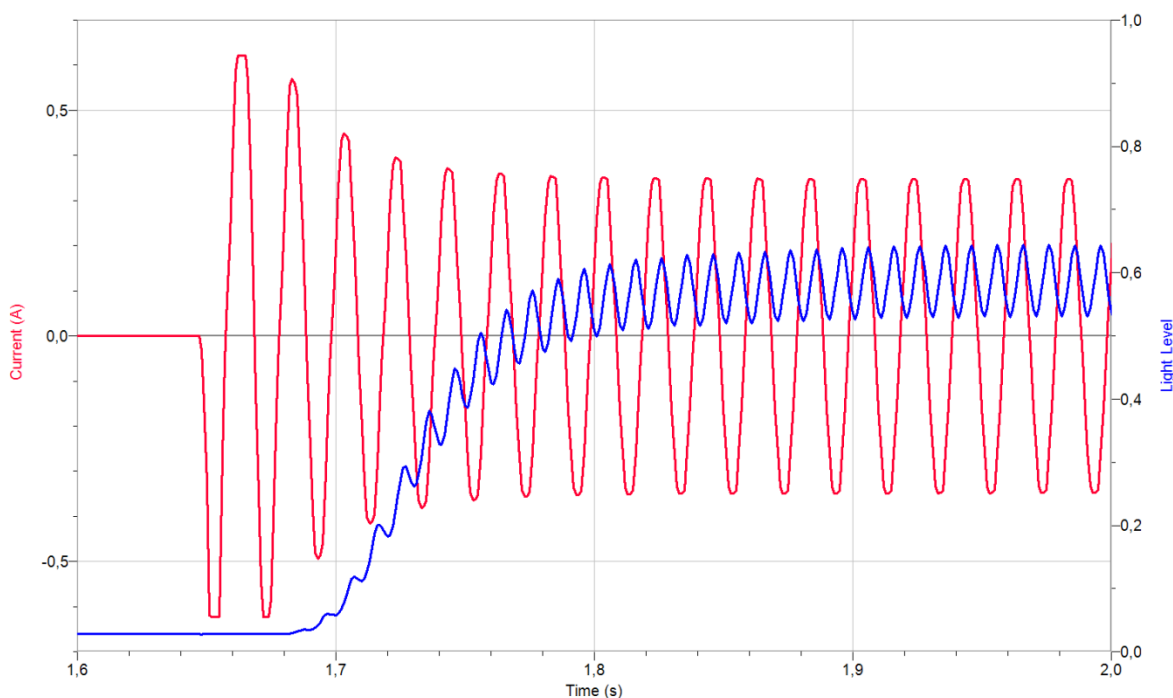


Obr. 4. Žárovka při střídavém proudu.

Otázka 5: Porovnej grafy svitu diody a žárovky zapojených ke zdroji střídavého napětí

Kromě zpoždění u žárovky je také zajímavé bavit se o periodě, s jakou bliká dioda a žárovka.

U žárovky naměříme ještě jeden zajímavý graf, a to sice postupné žhavení vlákna žárovky.



Obr. 5. Postupné žhavení vlákna žárovky.

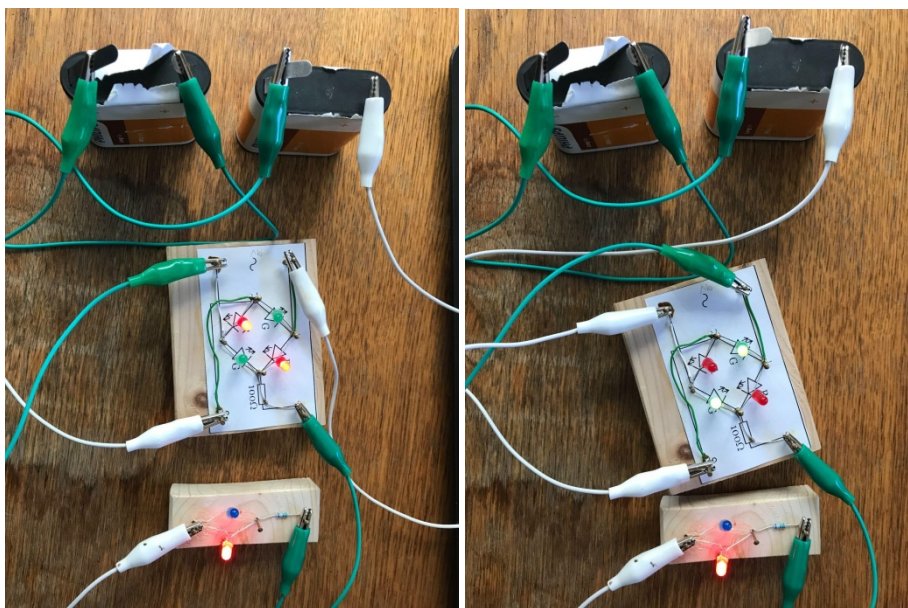
Otázka 6: Vysvětli hodnoty proudu při žhavení vlákna žárovky

Žárovka nereaguje ihned na výskyt proudu, ale vlákno se žhaví postupně. Jak se žhaví, zvětšuje se odpor vlákna a ten nám zmenšuje proud v obvodu.

Usměrnění střídavého proudu

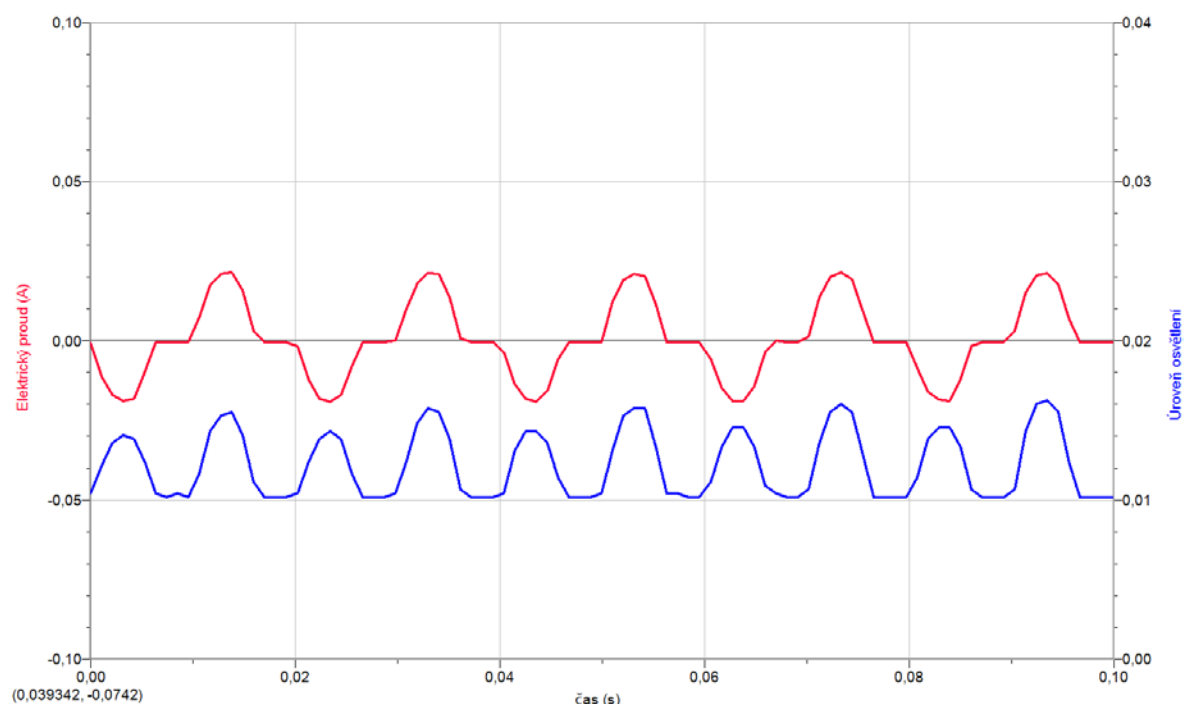
Pojďme se ale zaměřit na usměrnění. První způsob usměrnění je ten, že zapojíme do obvodu diodu. Už nesvítí obě diody, ale jen jedna. Více porozumění nám přináší graf. V něm měříme elektrický proud před usměrněním a svit diody po usměrnění. Pokud necháme na výstupu naši vyrobenou zkoušečku, uvidíme, že svítí už jen jedna dioda.

Druhý způsob usměrnění je pomocí můstků. Zajímavější je můstek se svítivými diodami, protože je pomocí něj vidět, jak můstek funguje. To můžeme demonstrovat pomocí dvou plochých baterek zapojených za sebou. Na výstupu z můstku budeme mít zkoušečku, můstek zapojíme k 9 V. Pokud zapojíme baterky jedním směrem, bude svítit na můstku jedna barva. Pokud přehodíme polaritu, bude svítit druhá barva. Na zkoušečce svítí samozřejmě v obou případech jedna dioda, čímž jsme ukázali, že došlo k usměrnění.



Obr. 6. Můstek při různé polaritě zdroje.

Když budeme měřit proud před usměrněním a svít diody zkoušečky, uvidíme, že došlo k překlopení záporného napětí na kladné a zdvojnásobila se tím frekvence blikání diody. Také si všimneme, že každý druhý blik je menší.



Obr. 7. Svít LED při usměrněném proudu.

Otázka 7: Čím to je, že je každý druhý blik menší?

Odpověď je jednoduchá, při usměrnění jde proud jednou přes jednu barvu diod, podruhé přes druhou. Každá barva potřebuje jiné napětí a tím i odebírá jiný proud. Pouští tak trochu jiný proud do výstupní diody zkoušečky.

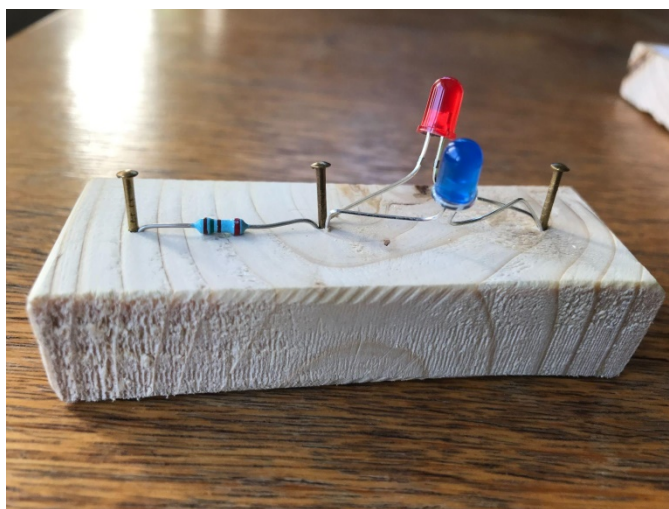
Vyráběcí část

Nechal jsem účastníkům volbu v tom, jak chtějí dřívka vyrábět. První možnost je klasické pájení na měděné hřebíčky. Druhý způsob, který je pro učitele atraktivní z důvodu, že nepotřebují páječky, cín a kalafunu, ale stačí jim větší hřebík, kterým udělají do dřívka větší díru, kam vloží drátky, které chtějí spojit a spojí je tím, že tam nabijí měděný hřebíček. V díře se drátky přimáčknou na hřebíček a vytvoří se tak pevné a trvanlivé spojení.



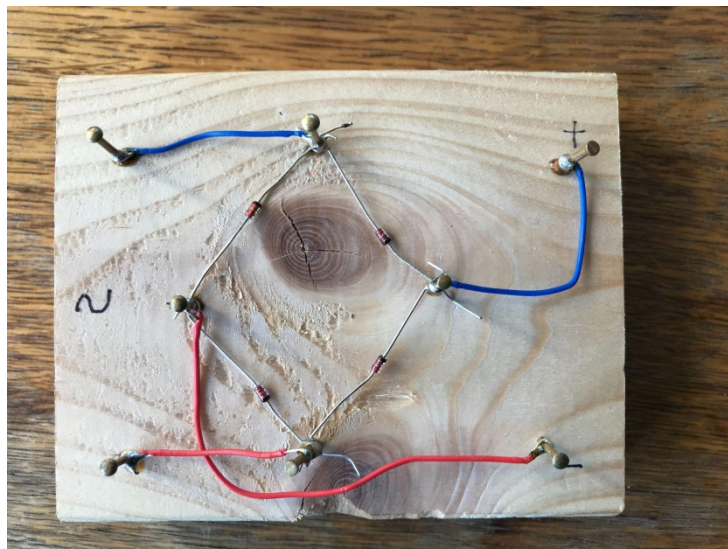
Obr. 8. Hřebíčky potřebné k nepájenému spoji.

První, co si vyrobíme, je zkoušečka. Na tu potřebujeme dvě LED diody a ochranný rezistor, 100 nebo 150 ohmový.



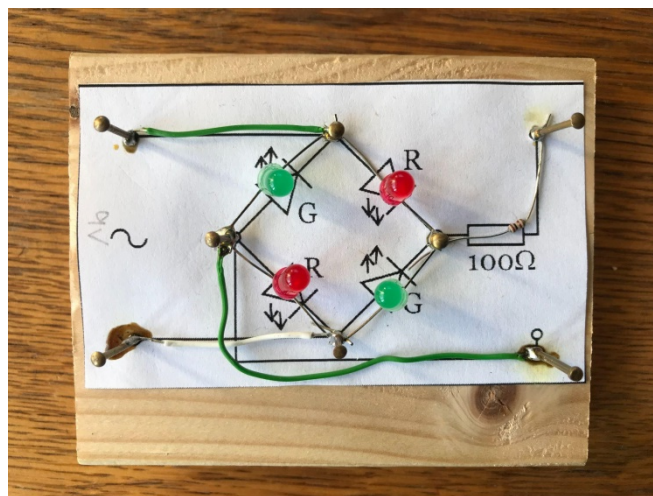
Obr. 9. Zkoušečka vyrobená bez pájení.

Dalším výrobkem bude diodový můstek z obyčejných diod. Pro naše účely nám stačí jakýkoliv druh diod. Vyrábíme ho z důvodu toho, že takto je usměrnění řešeno v běžných součástkách.



Obr. 10. Můstek z diod.

No a konečně poslední výrobek je můstek ze svítivých diod. Zde budeme potřebovat dvě dvojice různě barevných diod. Prakticky by mohly být samozřejmě stejnobarevné, ale z důvodu pochopení funkce můstku je výhodnější mít dvě barvy. Je také možné připojit ochranný rezistor. Také potřebujeme pár dalších drátků. Schéma zapojení vidíte na obrázku.



Obr. 11. Můstek z LED diod včetně schématu.

Závěr

Závěrem je třeba říci, že diskuse nad grafy určitě není pro celou třídu. Je na zvážení učitele, zda vybere některé otázky a položí je celé třídě nebo ustanoví skupinku žáků, které téma baví a rádi nad grafy přemýšlejí, a otázky položí jen této skupince, zatímco zbytek třídy dostane jinou práci.

Nepájené spoje nabízí alternativu pro výrobu součástek s žáky. Je to alternativa bezpečnější, nicméně pokud máte k dispozici páječku a chcete naučit žáky pájet, je to určitě také užitečné a pro žáky zábavné.

Literatura

- [1] Piskač, Václav : Usměrnění proudu s LED dostupné zde:
https://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/fyzika/usmerneni_proudu_s_led.pdf
- [2] Piskač, Václav: Žákovské měření dostupné zde:
https://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/elektro/zakovske_usmerneni.pdf
- [3] Ampérmetr Vernier: <https://www.vernier.cz/produkty/podrobne-informace/kod/DCP-BTA>
- [4] Světelná sonda: <https://www.vernier.cz/produkty/podrobne-informace/kod/TILT-BTA>
- [5] Labquest mini: <https://www.vernier.cz/produkty/podrobne-informace/kod/LQ-MINI>