
Univerzita Karlova, Matematicko-fyzikální fakulta

Dílny Heuréky

2023

Biskupské gymnázium Brno, 6. – 8. 10. 2023

Dílny Heuréky 2023

Sborník konference projektu Heuréka (Brno, 6.–8.10.2023)

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

Pro Katedru didaktiky fyziky MFF UK vydalo nakladatelství MatfyzPress v Praze v roce 2024 jako svou 699. 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 2023 podpořen v rámci Institucionálního plánu pro MŠMT ČR pro Univerzitu Karlovu a Elixírem do škol, z.ú.

1. vydání

ISBN 978-80-7378-505-5

Obsah

Úvod: Dvě dekády Dílen Heuréky	4
Vít Boček: Elektřina s vodivou páskou	7
Lucia Dovalová: Kryštalizácie a dotyk svetla.....	14
Leoš Dvořák: Přenášíme zvuk světlem (resp. infračerveným zářením).....	26
Martin Gembec: Grafy nejen ve fyzice	37
Peter Horváth: Vlnová optika	49
Zdeněk Hubáček: Sériově, paralelně s Ohmem a viditelně.....	59
Miroslav Jílek: Mýdlové hrátky	64
Petr Kácovský: Teplo a teplota – vybrané experimenty, jejichž interpretace může být obtížná	71
Zdeňka Kielbusová: Jednoduché experimenty pro každého	77
Květa Kolářová a Lenka Kramářová: (Kinder)vajíčko	85
Věra Koudelková: Formativní přístup v hodinách fyziky	90
Čestmír Krejčí: Špachtlová fyzika	97
Jiří Kvapil: Volný pád a vodorovný vrh.....	109
Vladislav Lang: Změny skupenství očima termokamery	115
Kateřina Lipertová: RGB míchačka jednoduše	122
Zbyšek Mošna: Růstové grafy v hodině fyziky	127
Václav Pazdera: Regulovatelný zdroj malých proudů 1 až 20 mA.....	131
Věra Pejčochová: Pokusy a hračky s otazníkem ze staré krabice.....	135
Lenka Sekaninová a Gabriela Dankaninová: Fyzika v knihách Julese Verna	149
Alena Šáfrová: Atomy	151
Hana Trhlíková: Znázorňování elektrostatického pole.....	161
Daniela Válková: Matematické putování s Dráčkem Brňáčkem	166
Jan Veselý: Odhalování exoplanet.....	173
Daniel Vybíral: Tajemné plátno	183

Úvod: Dvě dekády Dílen Heuréky

Jak ten čas utíká! Dílky Heuréky za sebou opravdu už mají dvě desetiletí. Přesnější by možná bylo říci „dvě a kousek“.¹ Vždyť poprvé jsme se sešli v Náchodě už v roce 2002. Ovšem jednak tento ročník někdy označujeme jako nultý a jednak se v roce 2020 konference vinou covidu nekonala. Takže do roku 2023 proběhlo i s letošním ročníkem dvacet konferencí.²

Sborníků dílen Heuréky, i s tím letošním, je celkem 17.³ Do roku 2007 vycházely sborníky v tištěné podobě, pak do roku 2013 na CD.⁴ Od roku 2014 již sborníky vycházejí jen v elektronické podobě a k dispozici jsou pouze na webu. Na webu jsou přitom k dispozici všechny sborníky (včetně příloh).⁵ A to nejen pro účastníky (jak to u mnoha konferencí bývá zvykem), ale pro všechny zájemce.

Sborníky toho za ty dvě dekády nabízejí nemálo. I se stávajícím sborníkem je to 347 příspěvků na téměř třech tisících stránkách.⁶ Jistě, čistě kvantitativní údaje mohou být zavádějící. Mnohé sborníky jiných konferencí, například mezinárodních, jsou tlustší a oplývají větším počtem příspěvků. Na Dílnách Heuréky je však cenné to, že příspěvky se týkají workshopů⁷, z nichž každý na konferenci proběhl několikrát za účasti řady učitelů. Zkušenost s vedením dílen se pak může pozitivně promítnout i do příspěvku ve sborníku.⁸ Dalším důležitým rysem sborníků Dílen Heuréky je skutečnost, že všechny příspěvky se recenzují. Ne nějakým formálním postupem v nakladatelství, které sborník vydává. Ale v průběhu editace sborníku recenzují příspěvky kolegové, někdy to jsou další vedoucí, prostě lidé, kteří k dané tematice mají co říct.⁹ Ostatně pečlivá editorská činnost je dalším kladem, který se na kvalitě sborníků odráží. Zde patří dík dlouholeté editorce sborníků Věře Koudelkové.¹⁰

¹ Matfyzáci a jim podobní by řekli „dvě plus epsilon“. ☺

² A konec konců i s tím nultým ročníkem jsou to zaokrouhleně dvě dekády...

³ Z nultého ročníku sborník nebyl, z let 2003-2004, 2006-2007 a 2009-2010 vyšly sborníky vždy společně. (Kdyby to byly časopisy, mohli bychom říct, že šlo o dvojčísla.)

⁴ V roce 2013 to bylo na DVD, protože na něm byly i všechny předchozí sborníky.

⁵ Pro ty z vás, kdo jste se k tomuto sborníku dostali jinak než přes web: Webová adresa Heuréky je <https://kdf.mff.cuni.cz/heureka/>, sborníky ke stažení tam najdete lehce, konkrétně na adrese <https://kdf.mff.cuni.cz/heureka/ke-stazeni/sborniky-dilen-heureka/>.

⁶ Pro příznivce přesných čísel: stránek je celkem 2946.

⁷ Jak hezky světově to zní, když se použije termín „workshop“ místo „dílna“. ☺ Na názvu ovšem samozřejmě nezáleží. Podstatné je, že se zde sejdou lidé, kteří se chtějí něco přiučit a aktivně při tom zapojit vlastní ruce a hlavu. Něco si vyzkoušet, něco vytvořit, a to v partě stejně motivovaných dalších účastníků, pod vedením stejně zapáleného vedoucího.

⁸ Z vlastní zkušenosti mohu potvrdit, že z průběhu dílny a z diskuzí na ní se často leccos přiučí i její vedoucí. A nejen zjištěním, co mohou účastníci za 90 minut dílny stihnout, a co už určitě ne. Interagovat s účastníky, sledovat, jak pracují, reagují, diskutují, s jakými dotazy a náměty přicházejí, je pro vedoucího dílny cenné a inspirativní.

⁹ Všem interním recenzentům budiž díky; opět z vlastní zkušenosti vím, že autor sám rozhodně všechny nejasnosti a případné chyby ve svém textu nevychytá.

¹⁰ Jednak za to, že z nás autorů dostane texty příspěvků v termínu umožňujícím, že sborník vyjde včas, pak samozřejmě i za organizaci recenzí a také za to, že při skládání sborníku opraví překlepy a typografické nedostatky, které my autoři už v textu prostě nevidíme.

Jedním z pozitiv Dílen Heuréky je i jejich široký záběr. Dílny pokrývají snad všechny možné oblasti fyziky i problematiku její výuky (a občas něco z chemie či matematiky), činnosti od velmi jednoduchých pokusů až po využití IT ve výuce; na výběr je toho opravdu dost.

Široká nabídka je i v letošním sborníku, zahrnujícím dílny, které proběhly na konferenci 6.-8. října 2023 na Biskupském gymnáziu v Brně. Za to, že se zde mohly Dílny Heuréky uskutečnit, patří velké díky Jitce Piskačové, která spolu s týmem svých kolegů a studentů zajistila organizaci a celý průběh na místě na jedničku s hvězdičkou. Díky samozřejmě patří i řediteli Biskupského gymnázia Mgr. Karlovi Mikulovi; bez podpory vedení školy by akci typu Dílen Heuréky nebylo možné realizovat.¹¹

Na konferenci se nás letos sjelo 147,¹² to je rekordní počet. Ostatně, pokud pomineme sborníky zahrnující dva ročníky konference, i počet 24 příspěvků, které najdete v tomto sborníku, je největší z uplynulých let. Najdete zde opět širokou nabídku témat, od pokusů s vodivou páskou až po exoplanety. Přesvědčte se sami a vyberte si, co vás zaujme.

O tom, že konference byla pro účastníky přínosem, svědčí ohlasy z ankety. V odpovědích na otázku „Napiš prosím, co tě teď první napadne, když se řekne Dílny Heuréky Brno“ se objevilo třeba:

- Setkání lidí nadšených pro stejnou věc, příjemná atmosféra, spousta nápadů a vyrobených pomůcek do výuky.
- Experimenty, úžasná tvůrčí atmosféra, nové nápady a získání nové energie pro další výuku.
- Bylo to fajn, skvělá organizace; Jitka si zaslouží pochvalu.¹³
- Skvělé nápady, hromada inspirace, radost, prima společnost, kde i před půlnocí najdu parťáky na stavění Da Vinciho mostu.
- Velké setkání podobných nadšenců, spousta „potravy“ pro fyzikální duši a mozek.
- Spousta pozitivní energie, která mi pomáhá zůstat učitelem F, Ch a M.

Nejen tyto ohlasy svědčí o tom, že Dílny Heuréky si i po těch dvou dekadách „zachovávají šťávu“, tedy elán, energii, nápady a nadšení všech zúčastněných. Nejlepším důkazem, že jde o akci potřebnou a užitečnou, je skutečnost, že účastníci i vedoucí se na ni rádi vracejí.¹⁴

Ještě jednou je za to vše potřeba poděkovat. Jak za letošní ročník, tak za celá dvě desetiletí Dílen Heuréky. Jednak lokálním organizátorům – jen ten, kdo podobnou akci zajišťoval, ví, kolik to znamená práce, byť často práce skoro „neviditelné“. ¹⁵ Velký dík patří

¹¹ Podpora vedení škol, kde se za uplynulá dvacetiletí Dílny Heuréky konaly, byla vždy klíčová a velmi za ni i zpětně děkujeme. Stejně tak za obětavou práci všech lokálních organizátorů.

¹² Včetně dětí; ty ovšem nebyly jen „doprovodem“, ale řady dílen se nadšeně účastnily.

¹³ Tohle nebyla jediná pochvala za perfektní lokální organizaci, jeden z dalších komentářů zněl stručně: „Vivat, Jitka!!!“

¹⁴ A kromě toho se přidávají a akci oceňují i účastníci noví. Viz jeden z komentářů v anketě: „Moc vám děkuji za organizaci takové akce. Byla jsem sice poprvé, ale doufám, že se budu moc účastnit dalších. Jste skvělí.“

¹⁵ Pokud věci fungují, můžeme mít jako účastníci pocit, že vlastně o nic nejde a všechno běží tak nějak automaticky. Ale už jsme byli na mezinárodní konferenci, kde jsme si zapisovali „tak tohle nefungovalo, tohle dělalo problémy, tohle musíme na podobných akcích určitě dělat jinak...“ Právě když věci nefungují,

Zdeňkovi Polákovi, který na Jiráskově gymnáziu v Náchodě s týmem studentů zajišťoval prvních sedmnáct ročníků konference.¹⁶ I díky jemu se Dílnám Heuréky tradičně přezdívá „Náchod“, i když už se od roku 2020 staly „putovními“ a konaly se v Praze, v Olomouci a nyní v Brně. I jejich organizátorům a organizačním týmům díky a všechna čest!¹⁷

Při děkování bychom neměli zapomenout na hlavní organizátorku, Irenu Dvořákovou.¹⁸ Irena je od začátku klíčovou osobou Dílen Heuréky, bez ní by tahle konference nevznikla. Dohaduje termíny konání (a v posledních letech i místo), přesvědčuje potenciální vedoucí dílen, aby opravdu dílny vypsalí a vedli, shání nové vedoucí, dává dohromady program, přihlašování včetně zvaní zahraničních účastníků a zajišťuje spoustu dalších věcí. Takže jménem všech zúčastněných moc díky, a nejen za Dílny Heuréky!¹⁹

Dílny Heuréky samozřejmě stojí hlavně na elánu, nadšení a profesionalitě všech zúčastněných. Ovšem v rozsahu, v jakém se konají, je k tomu elánu a nadšení nezbytné i finanční zabezpečení. Zde je potřeba poděkovat za dlouhodobou podporu jednak rozvojovým projektům MŠMT pro Univerzitu Karlovu, z jejichž prostředků nás od začátku podporuje Matematicko-fyzikální fakulta UK, a jednak Nadaci České spořitelny, která Heuréku podporuje prostřednictvím organizace Elixír do škol, z.ú.²⁰

Za přípravu a vedení dílen přirozeně patří velké poděkování všem vedoucím.²¹ A že jich za těch dvacet let bylo! A za aktivní účast, diskuse, nápady, sdílení zkušeností a poté převádění získaných námětů do vlastní výuky pak díky všem účastníkům! Organizátoři, vedoucí, účastníci... ti všichni přispívají k tomu, že Dílny Heuréky jsou tím, čím jsou. A že to trvá už dvacet let, klobouk dolů.

Tak vzhůru do dalších let a na shledanou na Dílnách Heuréky 2024, 2025, ...!

V Mariánských Lázních, 31. 1. 2023

Leoš Dvořák

tak si člověk všimne, kolik jich je třeba zařídit a dbát na jejich kvalitu. Takže smekám před organizátory Dílen Heuréky, že na nich si podobné seznamy chyb a nedostatků psát nemusíme.

¹⁶ Od nultého ročníku v roce 2002 do 2019, jedinou výjimkou byl rok 2007, kdy se Dílny Heuréky konaly na Klvaňově gymnáziu v Kyjově. Za možnost je tam uspořádat patří kromě vedení gymnázia poděkování za organizaci na místě Vlastimilu Havránkovi.

¹⁷ Za možnost konat konferenci v r. 2020 na Smíchovské střední průmyslové škole v Praze a perfektní zajištění organizace děkujeme Věře Krajčové (a jejím kolegům a za podporu samozřejmě řediteli Ing. Radko Sáblikovi). Za organizační zajištění ročníku 2021 na gymnáziu Olomouc-Hejčín patří velký dík Jirkovi Kvapilovi (a jeho kolegům, za souhlas s konáním konference samozřejmě i řediteli PhDr. Karlu Gošovi).

¹⁸ Nevím, jestli není proti nějakému bontonu, když zde děkuji člověku tak blízkému, jakým je mi Irena. Zeptám se na to třeba Gutha-Jarkovského, jestli ho jednou potkám ve věčných lovištích... Ale kdyby měl námitky, vysvětlím mu, že nepoděkovat veřejně někomu, kdo si to zaslouží, jen proto, že je to moje manželka, by mi přišlo nejen hrubě nezdvořilé, ale přímo padlé na hlavu.

¹⁹ On sám neformální projekt Heuréka, jehož je zakladatelkou, má za sebou už tři desetiletí. A vznik regionálních center Elixíru do škol před deseti léty byl také její nápad. To se nám ty dekády ba přímo výročí sešly...

²⁰ Od roku 2013 do 2017 byla Heuréka přímo podporována Nadací Depositum Bonum (spadající pod Českou spořitelnu), poté jde podpora přes Elixír do škol.

²¹ Je sice triviální to konstatovat, ale bez vedoucích by dílny nebyly. ☺ A každý, kdo si to zkusil, ví, že dobře připravit a vést dílnu není málo práce.

Elektřina s vodivou páskou

Vít Boček

Gymnázium Evolution

Abstrakt

V příspěvku je popsáno, jak lze využít měděnou pásku při vytváření elektrických obvodů a součástek. Tento příspěvek má za cíl shrnout základní postřehy a návody, jak s páskou pracovat, ale především přijít s drobnými vylepšeními, která nejsou podle rešerší aktuálně dohledaných zdrojů nikde popsána. V první části textu jsou experimenty, kde měděná páska plní roli klasického vodiče. Druhá část se zaměřuje na experimenty, ve kterých měděná páska přímo vytváří součástky, jako jsou např. reproduktor, nebo indukční cívka.

Měděná páska nahrazuje drát

Úvodem je třeba zmínit, že obvody s měděnou páskou nejsou ničím novým. Na internetu jich po zadání hesla *Experiments with copper tape* do vyhledávače lze najít nepřehledné množství.

Impulz pro prvotní myšlenku vedoucí na experimenty uvedené v příspěvku – tedy použití měděné pásky místo drátů – spočíval v tom, zda je možné klasické elektrické obvody vytvářet názorněji a za pomoci menších a lehčích součástek, než jaké se běžně v hodinách sestavují nebo demonstrují. Ukázalo se, že na některé experimenty je vhodným vodičem měděná páska, protože je dobře vodivá (v řádu tisícín ohmu na cm), jedna její strana lepí, je tvárná a vzhledem ke své tloušťce je poměrně široká, tedy i přes nízkou hmotnost dobře viditelná. „Placaté“ obvody ale lze vytvářet jinými způsoby – např. pomocí čáry od tužky, nebo speciální propisky s vodivou náplní (viz např. [1]).

Měděné pásky se prodávají (lze je zakoupit např. na gme.cz, nebo allegro.cz) v různých šířkách, délkách a s lépe či hůře vodivým lepidlem. U pásek s vodivým lepidlem je výhoda, že přerušení pásky je možné vyřešit pouhým napojením, tedy nalepením pásky na konec předchozí. Toto řešení však nefunguje vždy bez problémů, protože spoj není „pevný“ a při manipulaci s obvodem (někdy i bez ní) hrozí riziko, že se obvod přeruší. U pásek s nevodivým lepidlem toto napojení tedy není dostatečné, avšak jelikož je páska z mědi a dobře na ni přilne roztavený cín, je možné spoj spájet, což zajistí dobrou vodivost a jistotu, že se obvod nepřeruší.¹

Jednoduché obvody s páskou

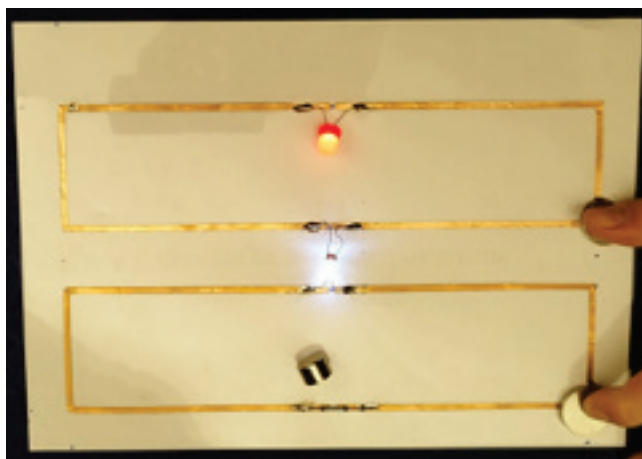
Otázkou je, na jaký podklad pásku lepit. V rámci příspěvku zmíníme dva: papír a tuhou fólii používanou jako ochrannou přední stranu na svazky v kroužkové vazbě. Papír má výhodu v tom, že je tvárný a lze jej přeložit. Díky tomu je možné přimáčknutím dvou částí papíru, na nichž je správně umístěná měděná páska, jednoduchý spínač. Dále je také možné papíry s páskami ohýbat, ale i jinak tvarovat a vytvořit prostorový obvod. Fólie má

¹ Takový postup doporučuji pro jistotu provádět i u pásky s vodivým lepidlem.

oproti tomu výhodou v tom, že je pevná a drží svůj tvar a je transparentní (např. obr. 2). Pro různé obvody se tak hodí různé podkladové materiály.

Světelně propojené obvody

Experiment spočívá v propojení dvou obvodů pomocí LEDky a fotorezistoru. Ve spodním obvodu je LEDka připojena ke knoflíkovému článku přes magnetický spínač. Když přiblížíme magnet, LEDka se rozsvítí a posvítí na fotorezistor v horním obvodu, čímž se rozsvítí červená LEDka. Pokus lze využít pro demonstraci přenosu světelného signálu, nebo přístrojů spouštějících se při vyšším osvětlení. Obvody lze udělat názorně a jednoduše právě za použití měděné pásky. Součástky jsou k pásce připájeny.



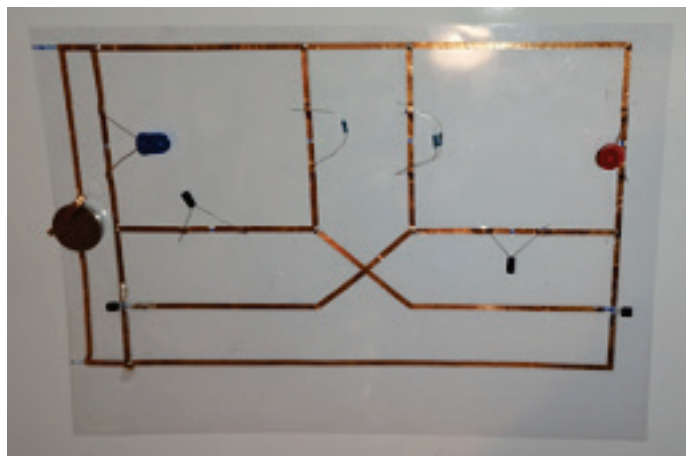
Obr. 1. Světelně propojené obvody.

Multivibrátor

Inspirací pro konstrukci multivibrátoru byl článek Leoše Dvořáka ([2]). Cílem dále popsané obměněné verze bylo sestavit multivibrátor za použití měděné pásky místo drátů a využít magnetické kontakty pro výměnu součástek. Kontakty („nožičky“) součástek potřebných pro konstrukci multivibrátoru jsou z magnetického kovu. Stačí tedy přilepit malý neodymový magnet pod pásku, pásku přerušit o kousek dál opět přilepit další magnet páskou.² Nyní je možné součástku libovolně připojovat a odpojovat.

U takového multivibrátoru je možné měnit frekvenci blikání LEDek jednoduchou výměnou součástek (kondenzátorů a rezistorů) s různými parametry. Další výhodou je, že díky podlepeným magnetům celý obvod bez problému drží na tabuli a lze jej tak pohodlněji demonstrovat.

² Osvědčilo se však nejprve pomocí pásky zrealizovat celý obvod včetně podlepení magnetů a až poté pásku na vhodných místech přerušit (např. nožičkou součástky).



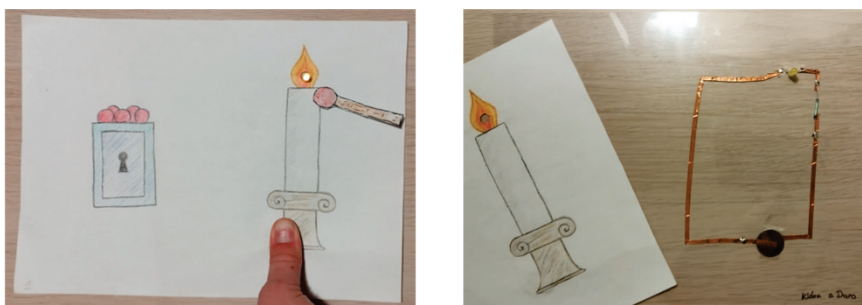
Obr. 2. Multivibrátor vyrobený pomocí měděné pásky a magnetických kontaktů.

Páska a umění

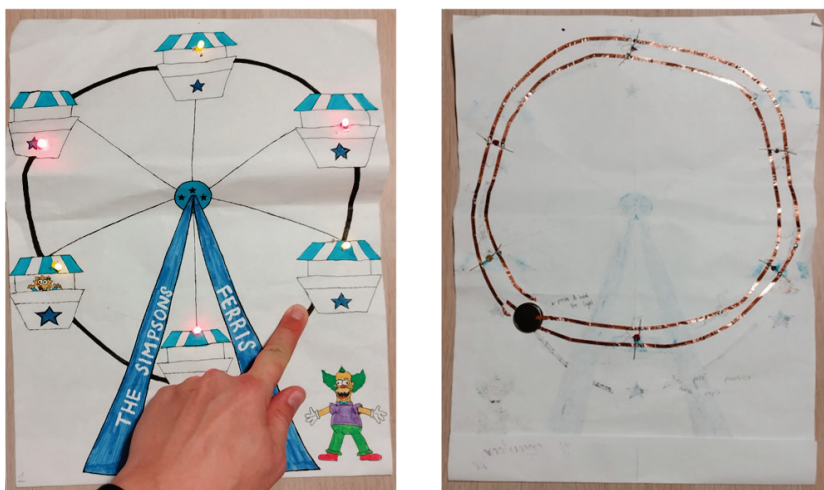
Experimenty s měděnou páskou lze propojit s výtvarným uměním a vytvořit tak např. zajímavé svítící nebo pohyblivé obrázky. Fenomenální zdroj inspirace je kanál na YouTube s názvem Moonshotkidz [5], na němž je přes 200 krátkých videí s kreativními nápěty na obrázky, které využívají měděnou pásku.

Vytváření obrázků s páskou lze pojmut také jako aktivitu pro studenty. Studenti kvarty na osmiletém gymnáziu, kteří vytvořili obrázky níže, dostali zadání: „Vytvořte pomocí měděné pásky elektrický obvod složený z knoflíkových baterií a LEDek. Znamka, kterou dostanete, bude dána průměrem známky od fyzikáře a vyučující výtvarné výchovy.“

Studenti tak byli motivováni vytvořit jak funkční elektrický obvod, tak výtvarně zajímavý obrázek, který ohodnotila vyučující výtvarné výchovy.



Obr. 3. LEDka svítí po přiblížení „sirky“ s ukrytým magnetem k magnetickému spínači.



Obr. 4. Kolotoč s paralelním zapojením LEDek.



Obr. 5. Obrázek s paralelním zapojením LEDek.



Obr. 6. Obvod se spíná přeložením papíru s měděnou páskou a spojením kontaktů.

Měděná páska tvoří součástky

V předchozích experimentech měla páska pouze roli vodiče. Nyní však uvedeme, jak lze pomocí pásky vyrobit přímo součástky. Konkrétně cívky pro elektromagnetickou indukci a reproduktor.

V případě, že chceme vytvořit pomocí pásky cívku, máme oproti izolovanému drátu složitější situaci. U izolovaného drátu je možné motat závity tak, aby se dotýkaly. Pokud bychom takto namotávali pásku, která je ze všech stran vodivá (pomineme-li lepidlo,

které může klást větší či menší odpor), namotáním závitů přes sebe bychom tak vytvořili závit jeden. První možností je tedy oddělit závity izolující vrstvou. Druhou možností je vytvořit cívku ve tvaru spirály.

Elektromagnetická indukce s páskou

Nejprve se zaměříme na experiment využívající známý obvod k demonstraci principu elektromagnetické indukce. Jde o jednoduchý obvod složený z tranzistoru, rezistoru a cívky. Cívka je rozdělena na dvě části tím, že je po namotání poloviny závitů (střed cívky) vyveden kontakt z cívky do části obvodu. Obvod se tak díky takovému zapojení rozkmitá a kolem cívky se následně objevuje proměnné magnetické pole, které se v přiložené sekundární cívkě přemění na elektrické napětí. Podrobný popis experimentu uvádí např. Z. Polák [3].

V návodech na internetu se návody na obvod mírně liší, ale nejčastěji je použit rezistor s odporem 10 k Ω , tranzistor 2N2222 a 20 + 20 závitů primární cívky. První pokus o využití pásky v tomto experimentu tedy byl vytvořit pomocí ní cívku čítající 40 závitů „na sobě“ ve vrstvách tak, aby byly odděleny izolantem a zároveň byla cívka stále „placatá“.

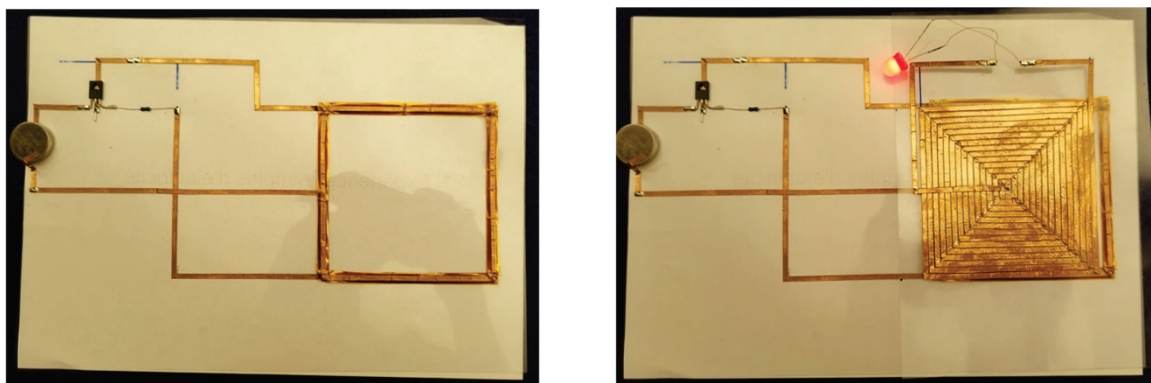
Postupně byly zkoušeny různé varianty oddělení. První pokus využíval papír na spodní straně pásky, který se při obvyklém použití pásky sundá a páska se nalepí. V tomto případě tedy papír zůstal na svém místě a vrstvy pásky na sebe byly lepeny vteřinovým lepidlem. Takové oddělení vrstev však nefungovalo – vrstvy cívky špatně držely při sobě, nebyly dokonale odděleny a v rozích cívky byla cívka kvůli ohnutí papíru výrazně tlustší. Tato metoda se tedy neosvědčila.

Další způsob byl postříkat vždy vrstvu izolujícím lakem a pak přidat další a tak dále. Lak však zasychá několik hodin, takže bychom cívku motali několik dní. Další způsob byl použít izolepu na oddělení závitů. Ta však nefungovala jako dostatečně dobrý izolant.

Poslední – a již úspěšný pokus – byl oddělit závity kaptonovou páskou. Tato páska je dielektricky pevná a cívka tak fungovala bez problémů. Kaptonová páska je speciální lepicí páska odolná vůči vysokým teplotám (do 370 °C), kyselinám a UV záření. Lze ji pořídit v obchodech s elektronickými součástkami.

Další optimalizace obvodu spočívala ve snaze cívku „zplacatit“ použitím nižšího počtu závitů – konkrétně byla vytvořena cívka s 5 + 5 závitů. Snížení počtu závitů však mělo za následek celkovou změnu chování obvodu a bylo třeba změnit parametry ostatních součástek. Byl použit tranzistor BD135, který zvládá vyšší proudy a rezistor s odporem 1 k Ω .

Sekundární cívku s LEDkou lze vyrobit také pomocí pásky. Tentokrát však nebyly závity vrstveny, ale namotány do spirály, resp. „čtvercové“ spirály (obr. 7).

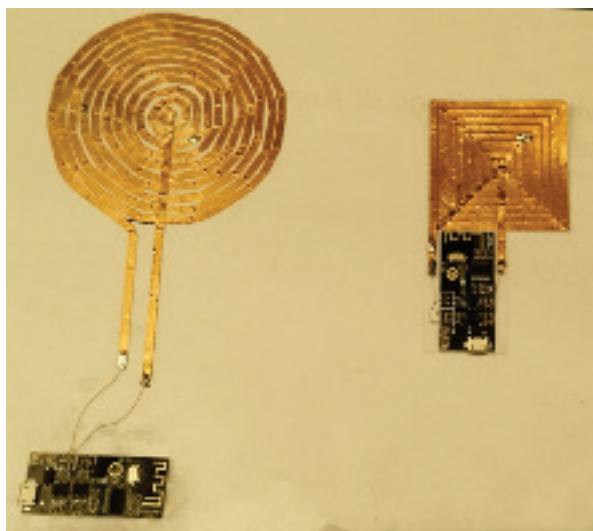


Obr. 7. Elektrický obvod k demonstraci elektromagnetické indukce.

Reproduktor vyrobený z pásky

Sekundární cívka z předchozího experimentu může sloužit také jako cívka pro výrobu reproduktoru. Pokud k cívkce připojíme zdroj hudby a dáme pod ni magnet, slabě uslyšíme, jak se cívka rozehraje. K tomuto jevu dojde proto, že zdroj hudby posílá do cívky proměnný proud podle toho, jak hraje hudba. Kolem cívky se tak objeví proměnné magnetické pole, které bude interagovat s magnetickým polem magnetu pod cívkou a cívka tedy bude nadskakovat v rytmu hudby, čímž vytvoří zvuk.

Aby byl reproduktor hlasitější, je třeba připojit zesilovač. Při experimentech se nejvíc osvědčil zesilovač s Bluetooth přijímačem v jednom (viz [4]). Reproduktor tak lze snadno bezdrátově propojit např. s mobilem. Díky tomu není potřeba používat další součástky jako kabel, zdířku pro jack konektor apod. Nové mobily navíc už mnohdy zdířku pro jack nemají, takže tento způsob připojení je perspektivní i do budoucna.



Obr. 8. Cívky se zesilovačem pro reproduktor.

Závěr

Experimenty s měděnou páskou mají velký potenciál z několika hledisek. Díky měděné pásce je možné snadno vytvořit názorné a zároveň snadno skladovatelné a transportovatelné „placaté obvody“. Zároveň jsou však pokusy s páskou ideální pro

zapojení studentů do výroby elektrických obvodů. Studenti vnímají obvody s páskou jako jakýsi přechod mezi schematickým znázorněním, které znají z učebnice a reálným obvodem. Pokud studenti spojí výrobu obvodů s kreslením obrázků, je pro ně přínosné, že jsou nuceni přemýšlet, jak obvod přizpůsobit („vytvarovat“) a jak v něm propojit součástky, aby obvod odpovídal obrázku.

Literatura

- [1] Boček V.: Hrajeme si s odporem. In: Dílny Heuréky 2021. Sborník konferencí projektu Heuréka. Ed.: V. Koudelková. MatfyzPress, Praha 2022. ISBN 978-80-7378-458-4. Dostupné online: <https://kdf.mff.cuni.cz/heureka/ke-stazeni/sborniky-dilen-heureky/sborniky/SbornikDilenHeureky2021.pdf>
- [2] Dvořák L.: Multivibrátor. In: Dílny Heuréky 2019. Sborník konferencí projektu Heuréka. Ed.: V. Koudelková. MatfyzPress, Praha 2020. ISBN 978-80-7378-410-2. Dostupné online: https://kdf.mff.cuni.cz/lide/dvorak/clanky/DilnyHeureky/DilnyHeureky_2019_LD_Multivibrator.pdf
- [3] Polák Z.: Bezdrátový přenos energie. Sborník konferencí projektu Heuréka. Ed.: V. Koudelková. MatfyzPress, Praha 2018. ISBN 978-80-7378-359-4. Dostupné online: <https://kdf.mff.cuni.cz/heureka/ke-stazeni/sborniky-dilen-heureky/sborniky/SbornikDilenHeureky2017.pdf>
- [4] Jde o zesilovač dostupný na: <https://www.hadex.cz/m424c-bluetooth-42-stereo-audio-receiverzesilovac-2x5w-modul-mh-m38/>
- [5] Moonshotkidz. [cit.: 16. 11. 2023] Dostupné online: <https://www.youtube.com/@moonshotkidz/shorts>

Kryštalizácie a dotyk svetla

Lucia Dovalová

Chemický krúžok Kremík, www.mladychemik.webnode.sk, Slovensko

Abstrakt

Kryštalizácia ako metóda oddeľovania zložiek zmesi sa bežne učí na chémii v základných školách. Spoločne sa pozrieme na kryštalizáciu inými očami, hoci prednostne chemickými, trochu aj umeleckými s použitím okuliarov fyziky. Ukážem vám ako pripraviť zaujímavé kryštalické útvary, vypestujete si vlastné kryštáliky, dozviete sa ako vyrobiť jednoduchý polarizačný mikroskop, pozrieme sa na kryštáliky v polarizovanom svetle a zostrojíte si jedinečný kryštálikový polarizačný kaleidoskop.

Úvod

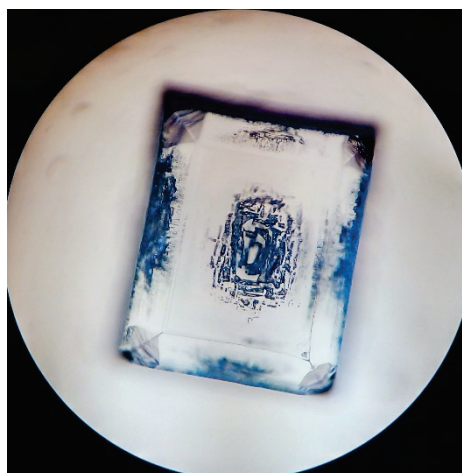
Projektu **Kryštalizácie a dotyk svetla** sa venujem v základnej škole na hodinách chémie a na chemickom krúžku už takmer 10 rokov. Počas tohto obdobia projekt stále rástol, vymýšľala som jeho nové smerovanie, a tak dnes má viacero rôznych výstupov, ktoré je možné riešiť i samostatne. Môžu byť súčasťou nielen krúžkovej činnosti, ale aj vyučovacích hodín chémie – laboratórnych či praktických prác. Inšpirovať sa môžu aj fyzikári, geografi či matematici a v neposlednom rade tiež výtvarníci a dizajnéri.

Kryštalizácie

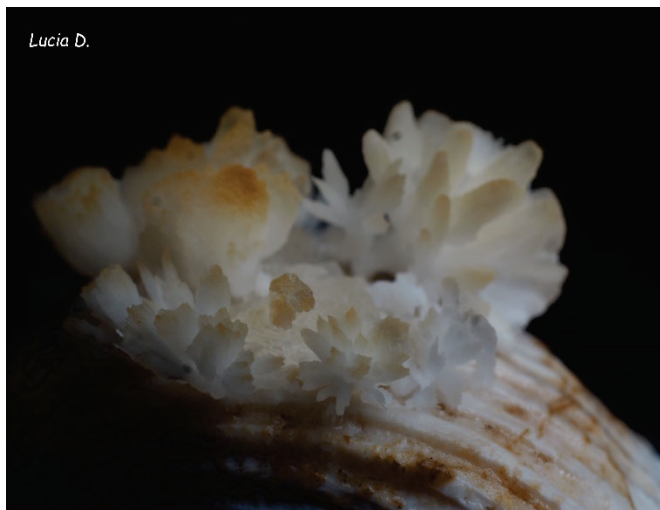
O kryštalizácii sa bežne učíme na hodinách chémie už v šiestom alebo siedmom ročníku. Spoznávame jej princíp, podmienky, ale aj to, kde všade je možné kryštalizáciu pozorovať či využiť. Mnohé kryštalizácie vieme zrealizovať v laboratóriu. Príklady jednoducho realizovateľných kryštalizácií pre žiakov uvádzam na obr. 1 až 6. Postupy k nim nájdete v odkazoch [1] až [5].



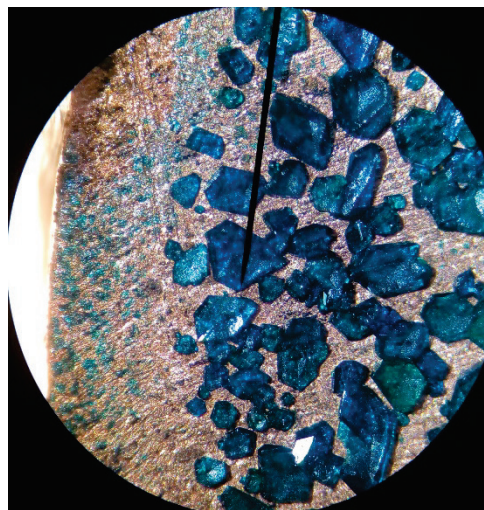
Obr. 1. Horúci ľad. [1]



Obr. 2. Kuchynská soľ. [2]



Obr. 3. Octan vápenatý. [3]



Obr. 4. Medenka. [4]



Obr. 5. Snehová vločka. [5]



Obr. 6. Zamrznutá bublina. [5]

V projekte Kryštalizácie a dotyk svetla sme sa touto témou zaoberali podrobnejšie. Pestovali a skúmali sme kryštáliky niekoľkých dostupných chemických látok schopných kryštalizovať. Na základe pozorovania tvaru a veľkosti kryštálov sme z nich vybrali najvhodnejšie látky pre ďalšie experimentovanie [6].

Kryštálikový ježko

Samotný proces kryštalizácie je úplne fascinujúci, či už trvá pár minút, dní alebo rokov. A keď výsledkom tohto procesu sú kryštálové drúzy podobné takým napr. z Kryštálovej jaskyne z Mexika, je to ohromujúce. Takže ak máme správnu chemickú látku a pripravíme si z nej nasýtený roztok, kryštálové drúzy v podobe kryštálikových ježkov môžu v pokoji rásť. Na tento experiment sa nám najlepšie hodil dihydrogenfosforečnan amónny, ktorého kryštáliky majú tvar dlhých ihličiek rastúcich do strán. Postup a potrebné pomôcky k príprave kryštálikového ježka nájdete v odkaze [7].



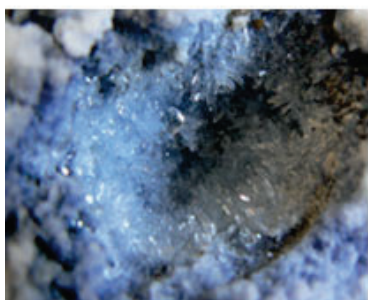
Obr. 7. Dihydrogenfosforečnan amónny



Obr. 8. Kryštálikový „ježko“. [7]

Geóda

Geódy (Grécky γεώδης - geodés , "zo zeme/zemské") sú prírodné kryštalické útvary, duté zaoblené kamenné vaky alebo vajcia obsahujúce vo vnútri kryštály a minerálne látky. Pripomínajú akoby miniatúrne uzavreté jaskyne, v ktorých nasýtený roztok kryštalizoval v priebehu tisícročí. Tie naše kamenné vajcia sme pripravili zo zmesi sadry, cementu a piesku v pomere 3 : 2 : 1 a naplnili sme ich nasýteným roztokom vínanu sodno-draselného/kamenca/síranu horečnatého alebo dihydrogenfosforečnanu amónneho. Z nasýteného roztoku za pár dní vykryštalizovali drobné kryštáliky. Postup a potrebné pomôcky k príprave geódy nájdete v odkaze [8].



Obr. 9. Geóda. [8]

Kryštálikový šperk

Počas experimentovania nám v našom školskom laboratóriu vykryštalizovalo množstvo kryštálikov najmä vínanu sodno-draselného, dihydrogenfosforečnanu amónneho, modrej skalice/pentahydrátu síranu meďnatého a hexakyanoželezitanu draselného, ktoré mali rôzny tvar, veľkosť a dokonca i farbu. Ich ďalšie využitie sme našli v tvorbe šperkov, čo

bolo prvým krokom k prepojeniu vedy/chémie a umenia/výtvarného sveta v našom projekte [9].



Obr. 10. Kryštáliky vínanu sodno-draselného, modrej skalice a hexakynoželezitanu draselného, ktoré sme pripravili



Obr. 11. Kryštálikové šperky, ktoré sme vytvorili. [9]

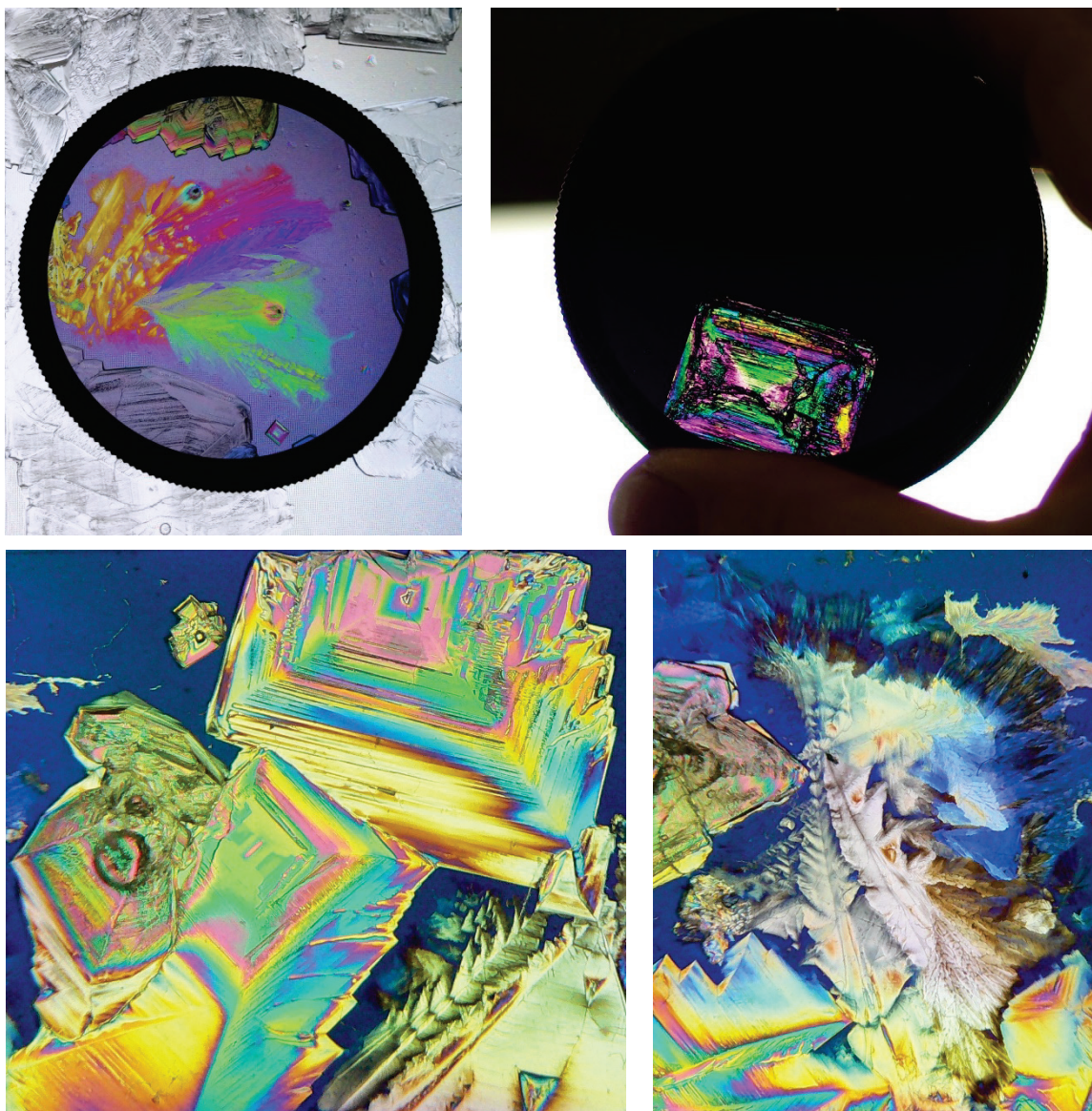
Kryštáliky v polarizovanom svetle

Významnou časťou nášho projektu bolo skúmanie kryštálikov v polarizovanom svetle. Skúmali sme kryštáliky všetkých už spomenutých chemických látok a tiež vykryštalizované lieky – Paralen, Panadol, Aspirin, Acylpyrin, vitamín C, tiamin a pyridoxin. Zistili sme, že nepolarizujú všetky látky či kryštáliky a farebné zmeny niektorých sú viditeľnejšie viac iných zase menej.

Práve v tomto momente dochádza k prepojeniu chémie s fyzikou, keď kryštáliky ako produkt chemického experimentu sa stávajú objektom bádania fyzikálneho. Polarizácia je téma, ktorou sa zaoberajú až stredoškólači na hodinách fyziky. Na základnej škole je náročné tento dej žiakom vysvetliť. Určite sa však viacerí stretli aspoň s okuliarmi s polarizačným filtrom, vďaka ktorým jasnejšie vidíme, pretože zabraňujú oslneniu od vodnej hladiny alebo mokrej cesty. Prípadne zaujímavé je využitie a vysvetlenie polarizácie pri zisťovaní cukornatosti roztokov v cukrovaroch, alebo skúmanie mechanicky namáhaných častí v kovových či plastových materiáloch, ktoré si žiaci môžu vyskúšať v „polarizačnom akváriu“ (dve polarizačné fólie, medzi ktoré vložia kúsok plastu, ktorý postupne natáhajú).

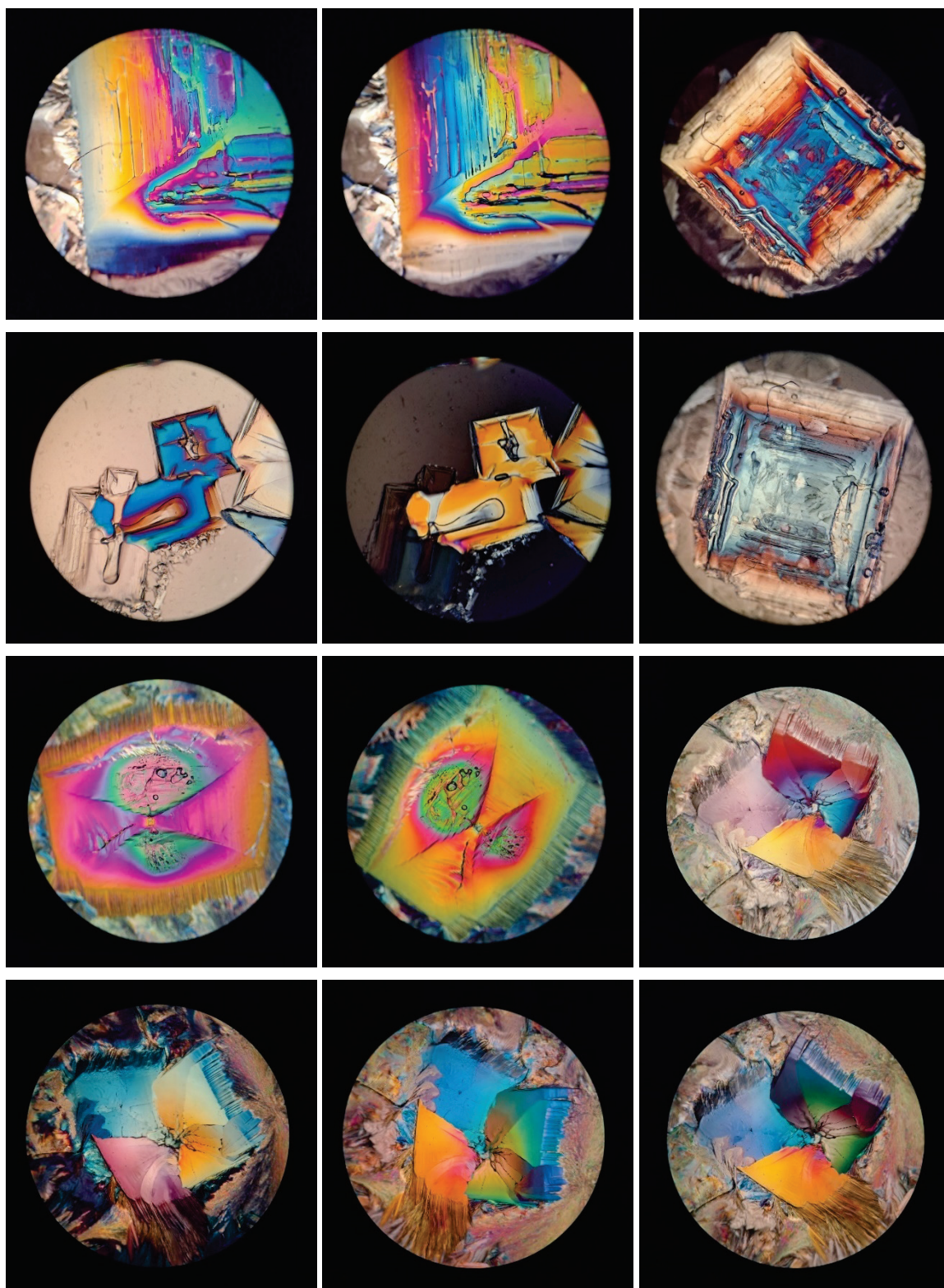
Vínan sodno-draselný

Priehľadné kryštáliky vínanu sodno-draselného sa počas pozorovania v polarizovanom svetle ukázali ako najkrajšie. Ich kryštalizácia je pomerne rýchla a kryštáliky sú dostatočne veľké, a preto vhodné k pozorovaniu cez polarizačné filtre aj voľným okom. Pomôcky a postup prípravy kryštálikov vínanu sodno-draselného nájdete v odkaze [10].



Obr. 12. Kryštáliky vínanu sodno-draselného v polarizovanom svetle z nášho laboratória.

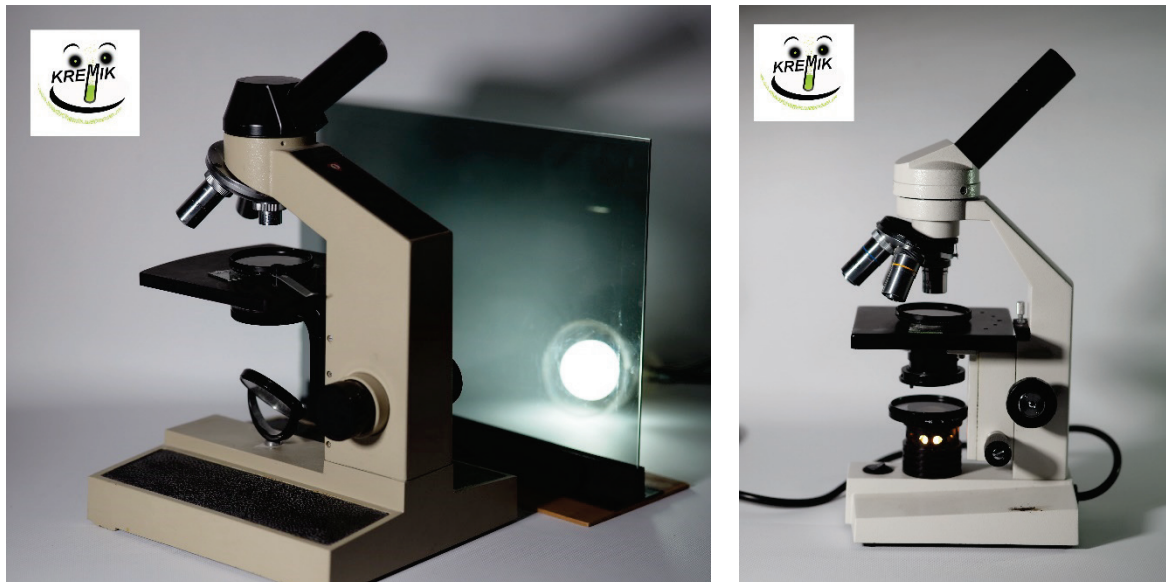
Kryštáliky vínanu sodno-draselného sme spomenutým postupom [10] vypestovali aj počas dielničiek Heuréky a pozorovali sme ich v polarizovanom svetle cez mikroskop (obr. 13.).



Obr. 13. Kryštáliky vínanu sodno-draselného v polarizovanom svetle cez mikroskop, z dielne Heuréky.

Polarizačný mikroskop

Niektoré kryštáliky sú príliš drobné na to, aby sme ich mohli pozorovať voľným okom. Preto potrebujeme mikroskop. Ak chceme pozorovať drobné kryštáliky v polarizovanom svetle, mikroskop musí byť polarizačný. Hoci takýto špeciálny mikroskop nie je bežná vec v našich školách, vieme si ho pomerne jednoducho vyrobiť z bežného školského mikroskopu, s použitím dvoch polarizačných fólií. Podrobnejší postup ako na to nájdete v odkaze [11].



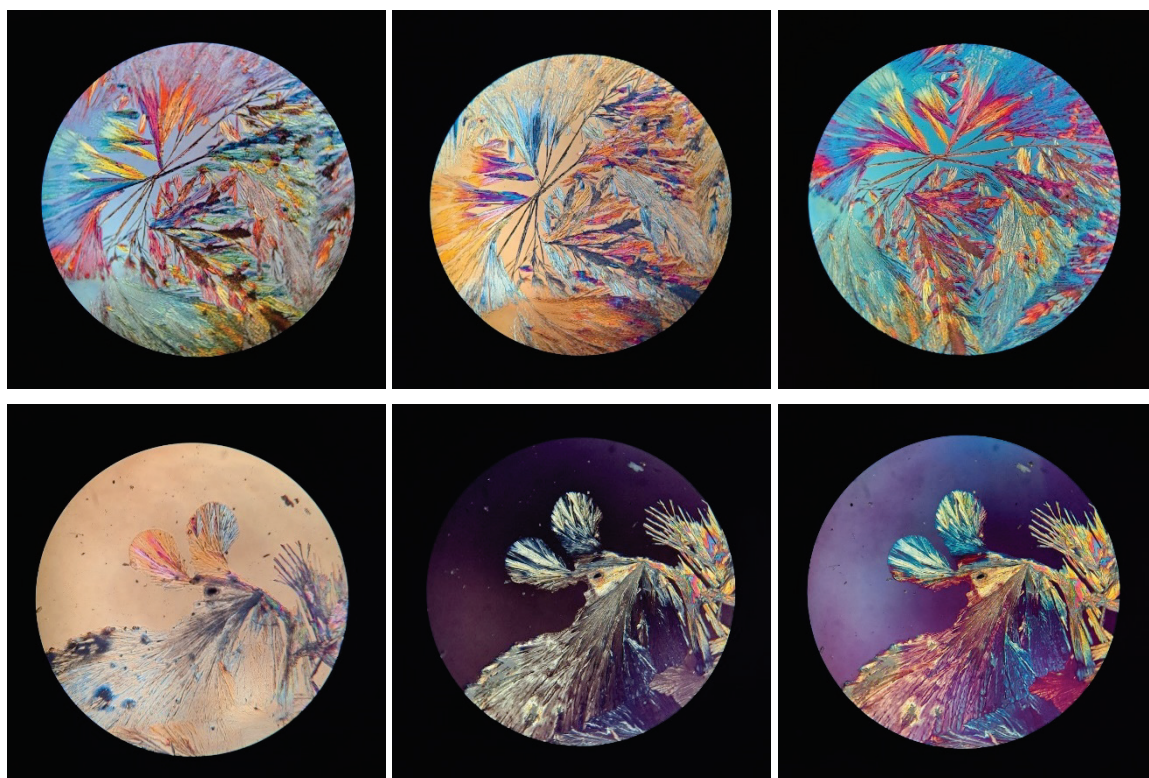
Obr. 14. Polarizačný mikroskop vyrobený v našom laboratóriu. [11]

Takto cez zostrojený polarizačný mikroskop sme mohli pozorovať farebnú premenu nielen drobných priehľadných kryštálikov ale aj details tých väčších, ako na obr. 13.

Kyselina acetylsalicylová

Kyselina acetylsalicylová je účinná látka v liečivách ako Aspirin, Acylpyrin či Anopyrin. Kryštalizuje v podobe drobných kryštalických útvarov, v priestore podobných ježkom, na skielku zase hviezdičkám. Ak použijeme ako rozpúšťadlo etanol, kryštalizácia kyseliny je rýchla, pretože alkohol sa začne takmer ihneď vyparovať. Vznik malých kryštálikov môžeme pozorovať v priebehu niekoľko desiatok sekúnd. Pokiaľ sa na ne pozrieme cez mikroskop a v polarizovanom svetle, kryštáliky sa stanú farebnými. Na takéto pozorovanie výborne poslúži vyššie spomenutý polarizačný mikroskop. Postup jednoduchkej kryštalizácie kyseliny acetylsalicylovej nájdete v odkaze [12].

Kryštalizáciu kyseliny acetylsalicylovej sme tiež pozorovali počas dielničiek Heuréky a cez polarizačný mikroskop sme zostrojili niekoľko nádherných fotografií (obr. 15.).



Obr. 15. Kryštáliky kyseliny acetylsalicylovej v polarizovanom svetle cez mikroskop, z dielne Heuréky.

Fotografovanie a výtvarné spracovanie kryštálikov v polarizovanom svetle

Pre žiakov rovnako ako aj pre účastníkov dielničiek je zakaždým zážitkom kryštáliky v mikroskope v polarizovanom svetle pozorovať a veľmi radi si ich aj fotografujú. Najkrajšie fotografie vznikajú práve z vykryštalizovaného vínanu sodno-draselného a z kyseliny acetylsalicylovej, ale pozorovať a fotografovať môžeme aj iné chemické látky, ktoré kryštalizujú a polarizujú a sú bezpečné a dostupné (mnohé liečivá aj vitamíny). Na fotografovanie sme spočiatku v našom laboratóriu používali fotoaparát, ktorý sme k mikroskopu pripojili cez redukciu a makro šošovku (obr. 16.).



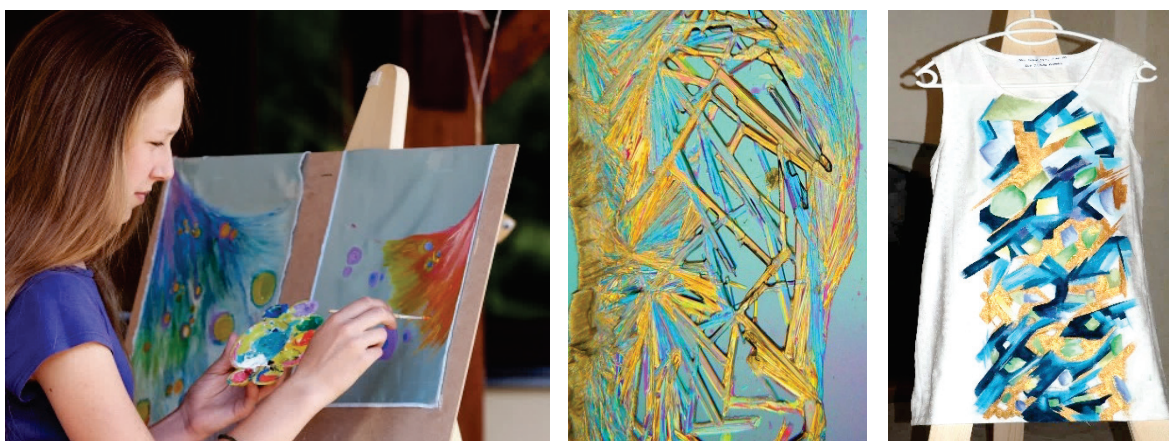
Obr. 16. Fotografovanie kryštálikov s fotoaparátom a s mobilom cez mikroskop

Neskôr sme začali fotografovať mobilmi, a tak sa táto aktivita stala dostupnejšou pre väčšiu skupinu žiakov, celú triedu počas praktického cvičenia (obr. 16.). K fotografovaniu mobilom je praktické použiť adaptér na mobil, ktorý jednoducho pripojíte na okulár mikroskopu [13].

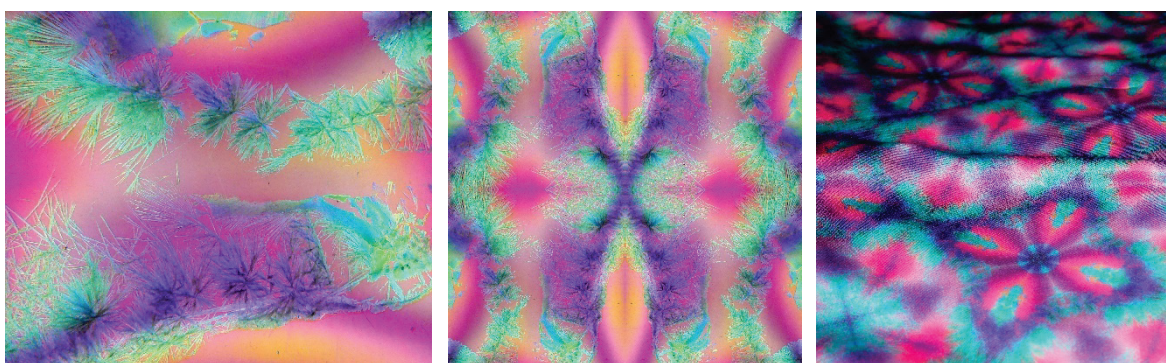
Farebné fotografie kryštálikov v polarizovanom svetle sme výtvarne spracovali na hodinách výtvarnej výchovy domaľbou a premaľbou na papier (obr. 17.) [14] a premaľbou na textil (obr. 18.) [15]. Stali sa tiež základom návrhov grafiky na potlač metráže, z ktorej sme navrhli a dali zhotoviť oblečenie, doplnky a úžitkový textil (obr. 19.) [16].



Obr. 17. Domaľba a premaľba fotografie kryštálikov v polarizovanom svetle na papier



Obr. 18. Premaľba fotografie kryštálikov v polarizovanom svetle na textil



Obr. 19. Kryštáliky vitamínu C v polarizovanom svetle spracované do vzoru, ktorým je potlačený textil/látka.

Polarizačný kaleidoskop

Výtvarným spracovaním kryštálikov v polarizovanom svetle sa projekt zďaleka nekončí. Jeho pokračovanie som našla vo vytvorení polarizačného kaleidoskopu (obr. 20.).

Kaleidoskop robí kúzla vďaka svetlu a zrkadlám. Môžeme ho považovať za hračku pre všetky vekové kategórie. Zároveň je jednoduchým optickým zariadením s technickými aplikáciami pre dizajnérov a tvorcov vzorov.

Tento vynález patentovaný v roku 1816 našiel v projekte Kryštalizácie a dotyk svetla špeciálne miesto, keď som do neho vložila polarizačné fólie a medzi ne kryštáliky vínanu sodno-draselného. Aj keď do kaleidoskopu na vytvorenie nekonečných a neopakovateľných vzorov po stáročia vkladali vedci a umelci všeličo – skielka, korálky, kúsky plastu, doposiaľ nikto do neho nevložil kryštáliky, ktoré by v polarizovanom svetle menili farby. Stalo sa tak až teraz v tomto projekte. A tento jeho fyzikálno-chemický rozmer ho robí vskutku výnimočným.

Na zostrojenie kaleidoskopu nepotrebujete len manuálne zručnosti, ale aj matematické výpočty aby ste dovnútra vložili sústavu troch zrkadiel správnych rozmerov. Ako presne zostrojiť kryštálikový polarizačný kaleidoskop a čo všetko k tomu potrebujete sa podrobnejšie dozviete v tomto odkaze [17].



Obr. 20. Kryštálikový polarizačný kaleidoskop

Záver

Téma kryštalizácie ponúka množstvo nenáročných experimentov. No mimoriadne zaujímavá a najkrajšia časť projektu Kryštalizácie je dotyk svetla - polarizácia skúmaných kryštálikov, ktoré po vložení do polarizovaného svetla sa stávajú farebnými. Prepojenie vedy a umenia v tejto časti cez fotografovanie, potláčanie a maľovanie textilu či výrobu šperkov je fascinujúce. Ale vytvoriť predmet, ktorý by bol poučný, vedecký a zároveň zaujímavý a dosiahnuteľný aj pre bežného človeka, bola pre mňa výzva. Tvorca prvého kaleidoskopu, vedec ho v skutočnosti vytvoril ako vedľajší produkt počas svojho výskumu. Zakrátko sa kaleidoskop stal populárnou hračkou. V našom polarizačnom kaleidoskope sme namiesto farebných korálikov použili kryštáliky, ktoré sme vložila na konci trubice medzi dva polarizačné filtre. To dodalo kaleidoskopu neuveriteľne pekný fyzikálno – chemický efekt. Vyskúšajte, ako si to vyskúšali aj účastníci počas dielničiek Heuréky.

Tento projekt bol počas festivalu Science on Stage 2022 v Prahe ocenený Cenou odbornej verejnosti [18].



Obr. 21. Kryštalizácie a dotyk svetla počas festivalu Science on Stage 2022

Literatura

- [1] Dovalová L.: Kryštalizácia - "Horúci ľad". Dostupné online:
<https://mladychemik.webnode.sk/ucebny-material/a6-rocnik/a7-uloha/>
- [2] Dovalová L.: Kryštalizácia kuchynskej soli. Dostupné online:
<https://mladychemik.webnode.sk/ucebny-material/a6-rocnik/a4-uloha/>
- [3] Dovalová L.: Vznik kvapľového útvaru. Dostupné online:
<https://mladychemik.webnode.sk/ucebny-material/a6-rocnik/a6-uloha/>
- [4] Dovalová L.: Kryštalizácia „Medenky“. Dostupné online:
<https://mladychemik.webnode.sk/ucebny-material/a6-rocnik/a8-uloha/>
- [5] Dovalová L.: Mrznúce bubliny a snehové vločky. Dostupné online:
<https://mladychemik.webnode.sk/ucebny-material/a6-rocnik/mrznuce-bubliny/>
- [6] Dovalová L.: Skúmanie rôznych látok schopných tvoriť kryštály. Dostupné online:
<https://mladychemik.webnode.sk/chemicke-projekty/krystalizacie/skumanie-roznych-latok-schopnych-tvorit-krystaly/>

- [7] Dovalová L.: Kryštálikový ježko (Zázračné kryštály). Dostupné online: <https://mladychemik.webnode.sk/ucebny-material/a6-rocnik/krystalovy-jezko-zazracne-krystaly/>
- [8] Dovalová L.: Geódy. Dostupné online: <https://mladychemik.webnode.sk/ucebny-material/a6-rocnik/geody/>
- [9] Dovalová L.: Kryštálikový šperk. Dostupné online: <https://mladychemik.webnode.sk/chemicke-projekty/krystalizacie/krystalikovy-sperk/>
- [10] Dovalová L.: Kryštalizácia vínanu sodno-draselného. Dostupné online: <https://mladychemik.webnode.sk/ucebny-material/a6-rocnik/krystalizacia-vinanu-sodno-draselneho-a-polarizovane-svetlo/>
- [11] Dovalová L.: Polarizačný mikroskop. Dostupné online: <https://mladychemik.webnode.sk/ucebny-material/a6-rocnik/polarizacny-mikroskop/>
- [12] Dovalová L.: Kryštalizácia kyseliny acetylsalicylovej v polarizovanom svetle. Dostupné online: <https://mladychemik.webnode.sk/ucebny-material/a6-rocnik/kys-acetylsalicylova/>
- [13] Adaptér na mobil k mikroskopu: <https://www.dalekohlady.eu/p/1084/fotoadapter-bresser-univerzalny-na-mobil-deluxe>
- [14] Dovalová L.: Domaľovanie detailu fotografie kryštálu v polarizovanom svetle. Dostupné online: <https://mladychemik.webnode.sk/chemicke-projekty/krystalizacie/domalba-fotografii-krystalov-v-polarizovanom-svetle/>
- [15] Dovalová L.: Dotknuté svetlom II. Dostupné online: <https://mladychemik.webnode.sk/chemicke-projekty/krystalizacie/vystavy/dotknute-svetlom-ii/>
- [16] Dovalová L.: Textilný dizajn. Dostupné online: <https://mladychemik.webnode.sk/chemicke-projekty/krystalizacie/textilny-dizajn/>
- [17] Dovalová L.: Kryštálikový polarizačný kaleidoskop. Dostupné online: <https://mladychemik.webnode.sk/ucebny-material/a6-rocnik/polarizacny-kaleidoskop/>
- [18] Dovalová L.: Science on Stage 2022. Dostupné online: <https://mladychemik.webnode.sk/chemicke-projekty/science-on-stage-2022/>

Přenášíme zvuk světlem (resp. infračerveným zářením)

Leoš Dvořák

KDF MFF UK Praha

Abstrakt

Příspěvek ukazuje, jak si lze vyrobit velmi jednoduchý vysílač a přijímač infračerveného záření a jejich pomocí přenášet zvukový signál. Vysílač používá infračervenou LED buzenou tranzistorem; v přijímači je pro příjem signálu využit fototranzistor. Ke vstupní zdířce vysílače připojujeme kabelem libovolný vhodný zdroj signálu, například mobilní telefon. K přijímači nic připojovat nemusíme, obsahuje i reproduktor, takže přenesený signál rovnou slyšíme. Zapojení obou přístrojů je názorně vidět díky konstrukci na dřevěných destičkách. V příspěvku jsou naznačeny i možné pokusy s danými pomůckami.

Úvod

Přenos zvuku pomocí světla případně infračerveného záření není žádnou novinkou. Na konferencích Dílny Heuréky a Veletrh nápadů učitelů fyziky ho ukazoval Zdeněk Polák [1], [2]. Ve sbornících Veletrhu nápadů se podobný pokus objevil už dříve, [3], tam šlo ovšem jen o přenos „pískání“.

Přenos zvuku světlem, byť na krátkou vzdálenost, ukazovala ve vzdělávacím pořadu i Česká televize, viz [4]. (Ovšem pozor, v tomto dílu pořadu se objevilo i mylné tvrzení, že zvuk se v hustším prostředí šíří rychleji. Když si vyhledáte rychlost zvuku ve vzduchu, heliu a oxidu uhličitém, uvidíte, že v těchto případech je to právě naopak; stejně tak u rychlosti zvuku v oceli a olovu. Navíc se v konstrukci zde předvedené sluchátkovým výstupem počítače „procpával“ i stejnosměrný proud k napájení LEDkové svítilny. Možná to typický počítač či notebook vydrží, ale osobně bych to raději nezkoušel.)

Pokusy s přenosem zvuku světlem najdeme na internetu leckde, na českém webu například na stránkách „Vím proč“, viz [5]. (Ovšem opět tam stejnosměrný proud k napájení LEDky protéká přes sluchátkový výstup, tentokrát mobilního telefonu, opravdu doporučuji se takovým konstrukcím vyhnout.)

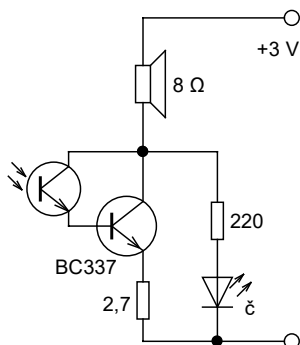
„Světelný telefon“ amatérské výroby byl ovšem v českém prostředí popsán už mnohem dříve, téměř před padesáti lety, viz [6]. Tehdy ovšem vysílačem nebyla LED, ale žárovka. Přesto to fungovalo, byť prý ne do příliš vysokých frekvencí. (Přibližné měření frekvenční charakteristiky při vysílání signálu žárovkou lze najít v [7].)

Optický telefon, v němž vysílačem byla LED a přijímačem fotodioda, jsme před lety postavili i na jednom z letních táborů pro středoškoláky, viz stručný popis v [8]. Jednoduchý přijímač reagující na infračervené záření také již léta prezentujeme na seminářích Heuréky.

Na dílně, již se týká tento příspěvek, jsme stavěli přijímač a vysílač pro přenos zvuku infračerveným zářením. Šlo o velmi jednoduché konstrukce na dřevěných destičkách, součástky byly pájeny na mosazné hřebíčky. Výhodou takovýchto konstrukcí je názornost; schéma zapojení na destičce přímo vidíme. A zhotovit se dají docela rychle: za hodinu a půl (a kousek) dokázala přijímač i vysílač dokončit naprostá většina účastníků.

Přijímač: zapojení a vysvětlení funkce

Schéma přijímače infračerveného záření je snad nejjednodušší možné, viz obr. 1. (Poznámka: Místo „infračervené“ budeme dále používat zkratku „IR“.)



Obr. 1. Schéma přijímače IR záření

Proud tekoucí fototranzistorem závisí na osvětlení – při vyšším osvětlení je proud vyšší. Tento proud teče do báze tranzistoru (typ BC337) a řídí mnohem větší proud tekoucí kolektorem tohoto tranzistoru. Tento větší proud teče i reproduktorem. S měnícím se osvětlením fototranzistoru se tedy mění (relativně velký) proud reproduktorem. Takže, když se osvětlení mění v rytmu zvukového signálu, reproduktor hraje.

Rezistor o odporu $2,7\ \Omega$ je v zapojení proto, aby omezoval proud reproduktorem. (Tranzistor BC337 i tak docela hřeje, ale má povolený proud $0,8\ \text{A}$ a výkon asi $0,6\ \text{W}$; těmito hodnotám se v našem zapojení ani nepřiblíží, takže s rezervou vše vydrží, stejně tak reproduktor, který má uváděný maximální výkon $0,5\ \text{W}$.)

Červená LED není pro funkci nezbytná, ale jednak slouží k indikaci, že je zapnutá baterie, a jednak ukazuje, kdy na fototranzistor dopadá infračervené záření. Při malé intenzitě IR záření (třeba při zastínění fototranzistoru) teče do báze tranzistoru BC337 jen nepatrný proud, proto i jeho kolektorem teče malý proud. Malý proud tekoucí reproduktorem způsobí na jeho odporu jen malý úbytek napětí. (Například kdyby proud byl $10\ \text{mA}$, byl by na reproduktoru podle Ohmova zákona úbytek napětí jen $0,01\ \text{A} \cdot 8\ \Omega = 0,08\ \text{V}$.) Čili na červené LED v sérii s rezistorem $220\ \Omega$ je prakticky plné napětí baterie, LEDka jasně svítí.

Pokud na fototranzistor dopadá intenzivní IR záření, teče do báze tranzistoru větší proud. Ještě mnohokrát větší proud teče kolektorem, úbytek napětí na reproduktoru je proto velký, napětí na LED je menší než asi $1,6\ \text{V}$ potřebných k jejímu rozsvícení, takže LED nesvítí.

Už dopředu můžeme poznamenat, že přenos zvuku bude nejlepší, pokud bude LED „tak akorát pohasínat“. Pokud je IR záření dopadající na fototranzistor příliš intenzivní, je tranzistor BC337 prakticky „plně otevřen“, proud je maximální a už se nemění se změnami osvětlení fototranzistoru – takže reproduktor už prakticky nehraje. To je daň za jednoduchost našeho zapojení.

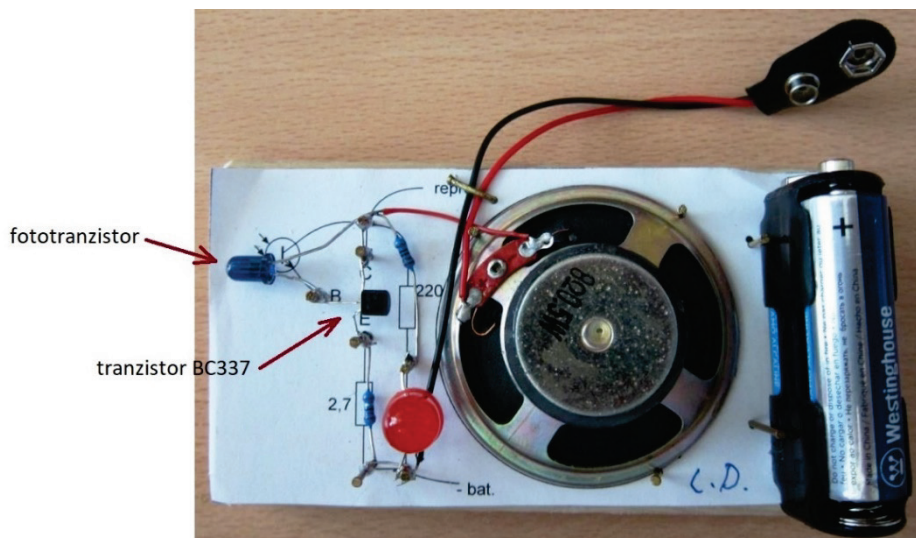
Důležitá poznámka:

Nenapájejte přijímač vyšším napětím, než uvedené $3\ \text{V}$!

Například při napětí baterie $6\ \text{V}$ by už maximální proud reproduktorem byl skoro $0,5\ \text{A}$; výkon na něm by byl téměř $2\ \text{W}$, takže reproduktor by byl výrazně přetížen.

Konstrukce přijímače

Přijímač je konstruován na dřevěné destičce o rozměrech asi 12,5 cm × 7 cm, viz obr. 2. Rozložení součástek prakticky kopíruje schéma. (Na destičce je papírová šablona; šablony jsou k dispozici v přílohách tohoto příspěvku ve formátech png a souboru pro Corel Draw.)



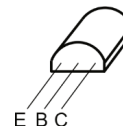
Obr. 2. Konstrukce přijímače na dřevěné destičce

Součástky jsou připájeny na pájecí body, jimiž jsou malé mosazné hřebíčky. Stejnými hřebíčky je na obvodu uchycen reproduktor (hřebíčky jsou mírně zahnuty) a pouzdro na dvě tužkové baterie 1,5 V (typ AA, pouzdro mezi 4 mosaznými hřebíčky drží jen na vzpěr). V ose reproduktoru je v destičce vyvrtána díra (v našem případě o průměru 12 mm), aby mohl reproduktor lépe vyzařovat zvuk. Nejlépe vyzařuje, když destičku položíme na bok.

Výhodou této konstrukce je názornost. Opravdu před sebou prakticky vidíme schéma a můžeme tak dobře vysvětlovat funkci daného zapojení. Samozřejmě ale tento způsob konstrukce není povinný, můžete si třeba pro přijímač zhotovit plošný spoj, přidat spínač pro vypínání baterie apod.

V naší konstrukci baterie odpojujeme prostě tak, že odpojíme přívodní kontakty („klips“). **Když s přijímačem nepracujete, odpojte baterii!** Přijímač si bere z baterií proud až přes 200 mA (když je fototranzistor hodně nasvícen), a to je na tužkové baterie docela dost, zbytečně by se vybíjely.

Při zapojování pozor na polaritu červené LED a fototranzistoru! Delší „přívodní nožička“ LED patří směrem k +, kratší k – (tedy k zápornému přívodu od baterie). U fototranzistoru je to právě naopak: kratší nožička je kolektor, je tedy připojena k reproduktoru (a přes něj k + pólu baterie); delší nožička je spojena sází tranzistoru BC337. Raději vše předem vyzkoušejte, než součástky definitivně zapájíte. Podobně pozor na správné zapojení vývodů tranzistoru BC337. Který vývod je který (emitor, báze, kolektor), ukazuje obr. 3. V zapojení na destičce je tranzistor plochou stranou nahoru. (Takže jeho označení je shora čitelné.)



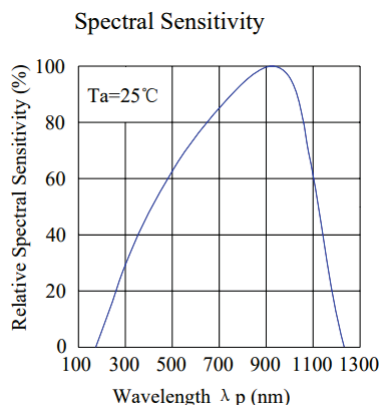
Obr. 3. Zapojení vývodů tranzistoru BC337

Kde sehnat součástky

Součástky pro dílnu byly většinou kupovány tam, kde to bylo nejlevnější, což v dané chvíli byl Hadex, viz [9]. Odkazovat na konkrétní součástky a jim příslušné webové stránky u daného dodavatele nemá smysl, sortiment se může měnit. Například reproduktory o průměru 57 mm byly možná už ve výprodeji. Lze ale použít v podstatě libovolný malý reproduktor; dbejte jen, aby měl odpor 8 Ω . (Běžně se dají sehnat reproduktory s odporem 4 Ω a 8 Ω ; při použití reproduktoru o odporu 4 Ω by ovšem proudy byly zbytečně velké.)

Držák baterie měl označení „Držák baterie 2xR6/AA/UM3 + klips“ a kontakty s přívodními dráty „Kontakty na 9V baterii – klips, I typ“; pod podobnými názvy je seženete i u jiných dodavatelů. Červená LED měla průměr 10 mm, když použijete LED o menším průměru, prostě budete mít menší světélko... Tranzistor BC337 je vhodné mít typu BC337-40; dvojčíslí na konci indikuje, že tranzistor má velký proudový zesilovací činitel, což se nám hodí.

Fototranzistor jsem nejprve koupil také nejlevnější (od Hadexu), měl průměr 2 mm. Ukázalo se ale, že má malou citlivost. Takže na dílně jsme užívali fototranzistory o průměru 5 mm nakoupené v GM electronic [10]. Šlo o typy „LUCKY LIGHT 503PTC2E-1AD fototranzistor“ a „KINGBRIGHT L-53P3BT fototranzistor“. Jedny mají číré pouzdro, druhé tmavé pouzdro; fungují oboje. Tmavé pouzdro omezuje citlivost na viditelné světlo, takže pokud byste zvuk nechtěli přenášet IR zářením ale viditelným světlem, hodil by se fototranzistor s čířým pouzdem. Ovšem citlivost daných fototranzistorů je stejně nejvyšší v „blízké IR oblasti“, konkrétně pro záření s vlnovými délkami blízkými 940 nm, viz obr. 4.



Obr. 4. Spektrální citlivost fototranzistoru LUCKY LIGHT 503PTC2E-1AD (převzato z datasheetu [11])

Není ovšem nutno omezovat se na výše uvedené typy fototranzistorů, ani na uvedené dodavatele. Zadejte prostě v katalogu dodavatele, kterého si vyberete, do hledání slovo „fototranzistor“, a uvidíte, co vám nabídne. (Je vhodné přezkontrolovat, že jde o fototranzistor typu NPN, ale to jsou podle mých zkušeností všechny nabízené, ani nevím, jestli se dělají fototranzistory typu PNP.) Řada dodavatelů v katalogu dává k dispozici i podrobné informace o parametrech dané součástky; takovým informacím od výrobců se anglicky říká „datasheets“, v češtině hovorově „datasheety“. V nich najdete například už uvedenou spektrální citlivost nebo závislost proudu fototranzistorem na osvětlení.

Jak ověřit funkci – a první pokusy s přijímačem

Po zapnutí (připojení baterie) by měla červená LED svítit. (Pokud nesvítí, zkuste zastínit fototranzistor; když se LED rozsvítí, je vše v pořádku.) Současně by při připojování baterie měl trochu „zaškvřkat“ reproduktor.

Když LED svítí, posvětíte na fototranzistor, například tím, že ho namíříte proti slunečním paprskům, LED by měla zhasnout. Pokud nezhasne, zkuste kusem drátu krátce zkratovat fototranzistor – přitom musí LED zhasnout a reproduktor „zaškvřkat“. Když tomu tak není, je někde problém. Zkontrolujte, zda vám někde nechybí nějaké propojení drátem, kde má být, zda jste dobře zapojili tranzistor, jestli jsou LED i fototranzistor zapojeny se správnou polaritou. A jsou všechny spoje dobře zapájeny?

Poznámka: Když zapojení na první pokus nefunguje, není to žádná tragédie; jen je potřeba najít, kde je chyba. Tohle konstatování sice připomíná pro někoho možná až iritující hlášku „nic není problém, všechno je příležitost“. Ale ona to opravdu je příležitost přemýšlet, jak zjistit, co je špatně, tedy vymýšlet, co všechno by mohlo být špatně, pečlivě kontrolovat, kde bychom mohli mít chybu ... můžete to brát jako takovou malou „detektivku“. Člověk se přitom leccos naučí, a taky potrénuje v trpělivosti a vůbec. Pravda, občas si procvičí i zásobu nepublikovatelných slov – ale ten skvostný pocit, když se chyba najde a ono to začne fungovat!

Když vše funguje, můžeme ověřit, že přijímač reaguje na infračervený signál. Jako vysílač poslouží dálkový ovladač od projektoru nebo televize. Ten vysílá pulzy infračerveného záření o vlnové délce 940 nm (někdy se uvádí 950 nm).

Odstavec, který můžete přeskochit:

Příkaz, který dálkovým ovládáním zadáváme, je kódován poměrně sofistikovaným způsobem. Jednak je IR signál přerušován v rytmu několika desítek kHz (různé systémy prý mají tyto frekvence v rozmezí 30 až 50 kHz). A za druhé je tenhle „nosný kmitočet“ zapínán a vypínán a tím se přenáší jednotlivé bity příkazu. Pokud vás zajímají detaily, našel jsem třeba webovou stránku [12], kde se lze o kódování poučit.

Detaily kolem signálu vysílaného ovladačem nás nemusejí zajímat. Podstatné je, že náš přijímač reaguje na signál ovladače tak, že jednak LED trochu poblikává a jednak z reproduktoru slyšíme „cvakavý“ zvuk.

Možné pokusy:

Už namířením ovladače na fototranzistor a stiskem tlačítka demonstrujeme, že se od ovladače k přijímači šíří nějaké „neviditelné světlo“, na které přijímač reaguje, právě tím cvakavým zvukem. Když do cesty dáme překážku, třeba ruku, zvuk utichne; signál neprochází.

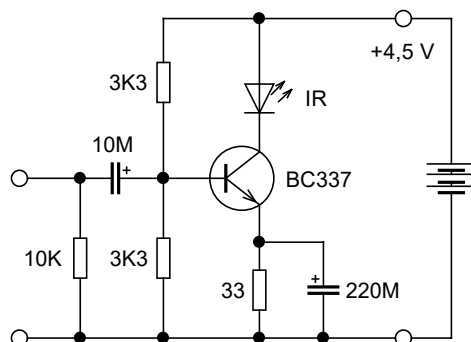
Záření z ovladače můžeme také odrazit zrcátkem, signál pak můžeme přijímat třeba i za rohem.

Můžete vyzkoušet, kterými látkami IR záření z ovladače prochází a kterými ne, viz pokusy Zdeňka Poláka v [1] a [2].

Poznamenejme, že pokud bychom pokusy prováděli v místnosti, kde je hodně světla, je vhodné fototranzistor ze stran zastínit, například tím, že na něj navlečeme černou bužíрку.

Vysílač: zapojení a vysvětlení funkce

Vysílač, který nám umožní přenášet zvukový signál, používá infračervenou LED zapojenou v kolektoru tranzistoru, viz obr. 5.



Obr. 5. Schéma vysílače IR signálu

S danými hodnotami součástek je proud LEDkou asi 35 až 40 mA. Když na bázi tranzistoru přivedeme přes kondenzátor o kapacitě 10 μ F střídavý signál ze vstupu, mění se v jeho rytmu proud kolektorem, čili i LEDkou – a tedy i svit LED.

Jde o jednoduché zapojení, které bychom mohli označit za jednostupňový tranzistorový zesilovač.

K vysvětlení funkce vysílače

Proč je proud LEDkou asi 35 mA:

Odporovým děličem z odporů 3k3 (tedy 3,3 k Ω) je na bázi tranzistoru nastaveno napětí rovné polovině napětí baterie (měřeno mezi bází a záporným pólem baterie). Tedy, byla by to přesně polovina, kdyby do báze tranzistoru netekl žádný proud. Ovšem on tam, byť malý, proud teče, napětí je proto o něco nižší. Konkrétně jsem v daném zapojení naměřil napětí na bázi asi 2 V. Mezi bází a emitorem tranzistoru je napětí necelých 0,7 V. (Zhruba takové napětí na přechodu báze-emitor bývá, konkrétně jsem naměřil hodnotu 0,67 V.) Na rezistoru s odporem 33 Ω mezi emitorem a záporným pólem baterie je tedy asi 1,3 V. Proud, který rezistorem teče, je proto podle Ohmova zákona $1,3 \text{ V} / 33 \Omega \doteq 39 \text{ mA}$. Je-li zdrojem už trochu vybitá baterie, bude proud o něco nižší.

Jak se proud LEDkou mění, když na vstup přivedeme střídavý signál:

Střídavý signál přivedený na vstup se přes kondenzátor dostává na bázi tranzistoru a o něco mění napětí mezi bází a emitorem. I malé změny tohoto napětí však výrazně mění proud mezi kolektorem a emitorem, tedy i proud LEDkou.

Proč je zde kondenzátor 220 μ F:

Zbývá ještě vysvětlit funkci kondenzátoru, který je připojen paralelně k „emitorovému“ odporu 33 Ω . Kdyby zde nebyl, zesílení by bylo podstatně menší. Dá se to pochopit i bez velkých výpočtů či simulací. (Kdo chcete, můžete ale následující odstavec s podrobnějším vysvětlením přeskočit.)

Představme si, že se díky vstupnímu signálu na bázi tranzistoru zvýšilo v danou chvíli napětí třeba o 0,1 V. Hurá, řekneme si, díky tomu se výrazně zvýší proud mezi kolektorem a emitorem. Ovšem tento zvýšený proud protéká i odporem 33 Ω , takže se na tomto

odporu zvýší i úbytek napětí. Na zvýšení napětí mezi bází a emitorem tranzistoru proto zbude méně, než celých 0,1 V. (Měření ukázalo, že to bude výrazně méně, jen asi 4 mV.) Proto je celkové zesílení nižší. Projeví se to i na proudu kolektorem, ten by se podle měření zvýšil jen asi o 10 % ze své klidové hodnoty.

Na „pořádné vybuzení“ našeho vysílače bychom tedy potřebovali vyšší napětí vstupního signálu, to ale mobilní telefon nedá. Jak z toho ven? Pomůže nám právě onen paralelní kondenzátor. Jednoduše můžeme říci, že pro střídavé proudy vlastně představuje „zkrat“; pro střídavé proudy jako by zde žádný odpor $33\ \Omega$ nebyl. Takže zesílení se nesnižuje a zůstane dostatečně velké.

(Upřesňující poznámka: Ve skutečnosti je to trochu složitější. Kondenzátor nepředstavuje úplný zkrat, pro nižší frekvence proto zesílení opravdu klesá. Ale pro základní představu snad uvedené přibližné vysvětlení stačí.)

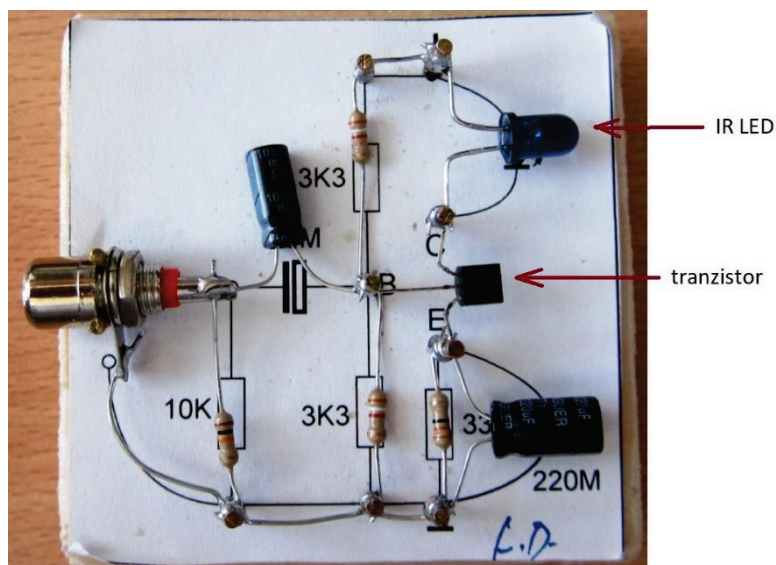
Další poznámky k danému zapojení

1) Vstup signálu je od stejnosměrných napětí v zesilovači oddělen kondenzátorem, takže do zařízení, z něhož signál bereme (třeba sluchátkový výstup mobilu) se žádné stejnosměrné napětí z našeho vysílače nedostává, a tudíž ho nemůže nijak poškodit. Stejně tak není ten mobil nijak přetížen; odpor na vstupu (i se započtením odporů 3,3 kΩ a vstupního odporu tranzistoru) je mnohonásobně větší než odpor sluchátek, která k mobilu běžně připojujeme.

2) Na dílně jsme vysílač napájeli z ploché baterie, jak je naznačeno i ve schématu. Napětí zdroje ale není nijak kritické, může být v rozmezí od asi 3 do 6 V.

Konstrukce vysílače a ověření jeho funkce

Vysílač byl také konstruován na dřevěné destičce s hřebíčky jako pájecími body, jak to ukazuje obr. 6. Vlevo je vidět zdířka konektoru CINCH, ta byla prostě přišroubována mezi dva hřebíčky. Přívody napětí od baterie jsme přiváděli kablíky s krokosvorkami.



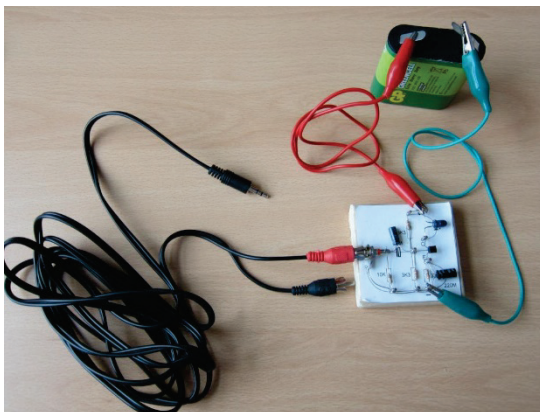
Obr. 6. Konstrukce vysílače na dřevěné destičce

Při zapojování je opět potřeba dát pozor na polaritu součástek: infračervená LED je delším vývodem připojena ke kladnému pólu zdroje, tranzistor je opět plochou stranou nahoru (od destičky), elektrolytické kondenzátory mají záporný pól (značený na pouzdru šedou barvou) připojen tam, kde je „zápornější napětí“, tedy v případě kondenzátoru 10 μF na jeden vývod zdířky CINCH a v případě kondenzátoru 220 μF na záporný pól zdroje. (V šabloně je ve značce kondenzátoru záporný pól kreslen silnější čarou, kladný pól obdélníkem.)

Zapojení je vhodné vyzkoušet, než vývody součástek definitivně zapájíme. Že je infračervená LED zapojena se správnou polaritou, poznáme (po připojení zdroje) pomocí již hotového přijímače: Když IR LED našeho vysílače namíříme na fototranzistor přijímače, červená LED musí zhasnout. Když odpojíme zdroj vysílače, zase se rozsvítí. Při připojování a odpojování zdroje k vysílači také reproduktor přijímače „zaškvrká“. (Aby tohle vše nastalo, musí být také správně zapojen tranzistor a nesmí chybět například některé rezistory nebo spoje.)

Že vysílač funguje skoro celý, můžeme ověřit i bez připojování zdroje signálu tak, že bázi tranzistoru krátce spojíme se záporným pólem zdroje. Reproduktor přijímače přitom „zaškvrká“ a červená LED v přijímači se zase rozsvítí. (Rozmyslete si proč tomu tak je: spojením báze tranzistoru se záporným pólem baterie tranzistor prakticky „zavřeme“, takže mezi kolektorem a emitorem přestane protékat proud, infračervená LED tedy zhasne.)

Definitivní ověření funkce vysílače samozřejmě provedeme tak, že do zdířky připojíme konektor kabelu nazývaného obvykle „CINCH na jack“ nebo podobně. Připojení kabelu ukazuje obr. 7. Je přitom jedno, jestli připojíme černý nebo červený konektor, hrát bude vždy jen jeden kanál zdroje (levý nebo pravý). Konektor typu „jack“ na druhém konci kabelu zasuneme do sluchátkového výstupu mobilu, tabletu nebo počítače. (Nemáte-li sluchátkový výstup se zdířkou typu jack, bude to chtít nějakou redukci.)



Obr 7. Připojení vysílače k baterii a ke kabelu pro přívod signálu

Po spuštění zdroje zvuku a nasměrování IR LED vysílače na fototranzistor přijímače už by měl přijímač hrát. (Nehraje-li, zkontrolujte nejdřív jednoduché věci: jestli jsou vysílač a přijímač připojeny k bateriím, jestli jsou konektory kabelu dobře zastrčeny do zdířek, ...)

Hlasitost z reproduktoru přijímače nebude kdovíjak silná; často je třeba ve zdroji signálu (mobilu apod.) nastavit co nejvyšší hlasitost. (Takovou, která by při poslechu na sluchátka už byla přílišná.) Když ale hlasitost přeženeme, zvuk bude zkreslený, takže je třeba vhodnou hlasitost vyzkoušet. Zvuk z přijímače bude o něco výraznější, pokud přijímač

otočíme na bok (tak, že dřevěná destička bude prakticky svisle); zvuk pak bude vyzařován i dírou vyvrtanou v destičce.

Pokusy s vysílačem a přijímačem

Demonstrace přenosu signálu IR zářením

Jde o základní a nejjednodušší pokus. Vysílač a přijímač postavíme třeba na jeden stůl, například metr i více od sebe, IR LED a fototranzistor namíříme na sebe a spustíme zdroj signálu. (Může to být i pískání generované třeba generátorem v aplikaci Phypox, viz [13], příjemnější je však zřejmě vhodná hudební skladba. Nevybírejte ale nic typu „sólo pro basu“, kde by byly jen hluboké tóny; náš malý reproduktor vyzáří s dostatečnou hlasitostí spíše vyšší tóny.) Když mezi vysílač a přijímač vložíme například ruku, přerušíme IR signál a hudba zmlkne.

Čím IR záření prochází a čím ne

Jak už je uvedeno výše, zdrojem informací a inspirací mohou být pokusy Zdeňka Poláka [1] a [2]. Například roztok modré skalice je pro světlo (zejména jeho modrou část) průhledný, pro IR záření je neprůhledný.

Do jakých směrů vysílač vyzařuje?

Přijímač můžeme vzít do ruky a dávat do různých míst mimo osu, v níž vyzařuje vysílač. Tím zjistíme, do jak širokého kuželu naše infračervená LED vyzařuje. Pokud na LED nasuneme trubičku, například kousek bužírky, zjistíme, že vyzařuje do menšího rozsahu úhlů.

Pokusy o „dálkový přenos“

Při pečlivém nasměrování bude přijímač hrát i ve vzdálenosti několika metrů, byť už slaběji. Vzdálenost můžeme zvýšit, když infračervenou LED umístíme do ohniska spojné čočky – za ní bude téměř rovnoběžný svazek IR záření. Kdybychom podobně přidali spojnou čočku i k přijímači a fototranzistor umístili do jejího ohniska, můžeme zkoušet přenášet zvuk i na větší vzdálenosti, třeba desítky metrů. (O rekordy se můžeme pokoušet zejména v noci, kdy na fototranzistor nebude dopadat záření z jiných zdrojů.) Při podobných pokusech by bylo výhodné nemít IR LED přímo na destičce vysílače, ale mít ji spolu s čočkou na vhodné optické lavici, resp. na společném držáku, a s vysílačem ji propojit kabelem; podobně pro fototranzistor a přijímač.

Přenos signálu odrazem

Infračerveným signálem můžeme přenášet zvuk i za roh, pokud ho odrazíme zrcátkem. Můžeme přitom demonstrovat, že i pro infračervené záření platí zákon odrazu. Při těchto pokusech bude vhodné dát na IR LED raději i delší trubičku (třeba 5 cm), aby vyzařovala jen do vymezeného směru, resp. ne do moc širokého kužele, jinak může přijímač zachytávat odrazy i od jiných předmětů než od zrcátka.

Difrakce infračerveného záření

Zde jde zatím spíš o námět. Difrakce sice funguje i na střípku z CD, ale dosud jsem to s vysílačem a přijímačem ověřoval jen kvalitativně. Po dopracování podobných pokusů by mělo jít demonstrovat, že infračervené záření je opravdu až za červeným koncem spektra.

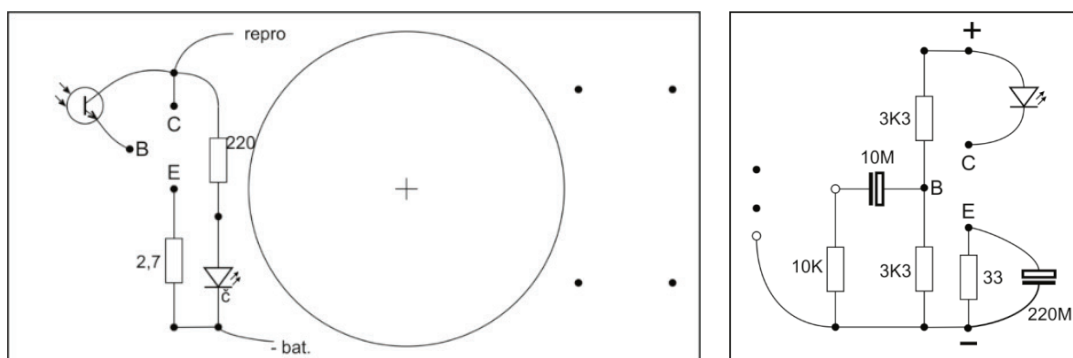
Závěr

Jak zapojení, tak konstrukci vysílače i přijímače lze samozřejmě upravovat a vylepšovat. Například Václav Pazdera už za dva týdny po Dílnách Heuréky přišel s konstrukcí přijímače v krabičce vytvořené 3D tiskem – přijímač jednak lépe vypadá a také, díky tomu, že skříňka hraje roli ozvučnice, hraje trochu silněji. (Navíc se baterie nevypíná odepínáním klipsového držáku, ale malým vypínačem.) Upravovat by jistě šlo i samotné zapojení, například ve vysílači přidat ještě jeden zesilovací stupeň, aby vysílač mohl být naplno vybuzen i zdrojem signálu s nižším napětím.

Berte proto výše popsaná zapojení a konstrukce spíše jako inspiraci – ať už pro vlastní práci nebo třeba pro nějaké projekty svých žáků.

Dodatek: šablony rozmístění součástek

Zmenšené šablony rozmístění součástek přijímače a vysílače ukazuje obr. 8.



Obr. 8. Zmenšené šablony rozmístění součástek přijímače a vysílače

V měřítku 1:1 jsou ve formátech pdf a CorelDraw k dispozici v přílohách tohoto příspěvku.

Literatura

- [1] Polák Z.: *Infračervené záření*. In: Dílny Heuréky 2009-2010. Ed. L. Dvořák, I. Dvořáková, V. Koudelková. Prometheus, Praha, 2011. s. 267-283. Dostupné online: <https://kdf.mff.cuni.cz/heureka/ke-stazeni/sborniky-dilen-heureka/sborniky/SbornikDilenHeureka2010.pdf>
- [2] Polák Z.: *Náměty na experimenty s infračerveným zářením*. In: Veletrh nápadů učitelů fyziky 15. Ed. Z. Drozd. Prometheus, Praha, 2010. s. 181-185. Dostupné online: <https://vnuf.cz/sbornik/rocniky/> nebo v Souhrnném sborníku Veletrhu nápadů učitelů fyziky, <https://vnuf.cz/sbornik/prispevky/15-24-Polak.html>

- [3] Tokar J.: *Zestav do doświadczen se światiem podczerwonym (Zařízení pro pokusy s infračerveným světlem)* In: Veletrh nápadů 4. Příbram, 1999. Ed. E. Svoboda, s. 75-79. Dostupné online: <https://vnuf.cz/sbornik/prispevky/04-22-Tokar.html>
- [4] Česká televize: *Michaelovy experimenty. Přenos hlasu po paprsku*. 17. březen 2010. Dostupné online: <https://www.ceskatelevize.cz/porady/10121359557-port/210572241900009/>
- [5] Kulhánková Z.: *Přenos zvuku pomocí světla*. (Video.) Dostupné online na: Svět Energie. Víťm proč. (Rok neuveden.) <https://www.svetenergie.cz/cz/vim-proc/video/2346>
- [6] *Světelný telefon*. Amatérské rádio č. 8, 1964, s. 220-225. (autor neuveden)
Laser chudého amatéra. Amatérské rádio č. 9, 1964, s. 249-254. (autor neuveden)
- [7] Dvořák L., Koupil J.: *Netradiční komunikační technologie a jednoduché měření jejich parametrů*. In: Sborník konference DIDFYZ 2004, „Informačno-komunikačné technologie vo vyučovaní fyziky“, Račkova dolina, SR, Ed. Ľ. Zelenický. FPV UKF Nitra, 2005, s.297-302. Rukopis příspěvku je dostupný online: https://kdf.mff.cuni.cz/lide/dvorak/clanky/Dalsikonf/DIDFYZ_2004_LD_JK_NetradicniKomunikacniTechnologie.pdf
- [8] Dvořák L.: *Pár věcí z tábora II, tentokrát o světle*. In: Veletrh nápadů 4. Příbram, 1999. Ed. E. Svoboda., s. 35-38. Dostupné online: <https://vnuf.cz/sbornik/prispevky/04-04-Dvorak.html>
- [9] Hadex. Dostupné online: <https://hadex.cz/>
- [10] GM electronic. Dostupné online: <https://www.gme.cz/>
- [11] Luckylight: *LL-503PTC2E-1AD* (Data Sheet). Dostupné online: https://img.gme.cz/files/eshop_data/eshop_data/10/520-088/dsh.520-088.1.pdf
- [12] Růžek M.: *Přijímač/vysílač dálkového ovládání*. Dostupné online: http://merlin.fit.vutbr.cz/FITkit/docs/navody/ext_ir.html
- [13] *phyphox – Physical Phone Experiments*. Dostupné online: <https://phyphox.org/>

Grafy nejen ve fyzice

Martin Gembec

Planetárium, iQLANDIA a ZŠ Liberec, ul. 5. května

Abstrakt

Ukážeme si tvorbu grafů v programu Microsoft Excel, ale vyzkoušeno to je i v LibreOffice Calc a Google Tabulky. Zaměříme se na tři oblasti. Tou hlavní bude fyzika a zpracování naměřených dat. Pak se pak podíváme, jak pracujeme s modely a daty v informatice – analýzou grafu, který vypadá jako obrázek, vytvoříme tabulku, která k takovému grafu vede. Na závěr si z oblasti mediální gramotnosti připomeneme důležitost práce s osou grafu nebo jeho úpravou. Ve fyzice takové grafy potřebujeme pro názornost, v médiích je někdy cílem nás zmást. Dílna byla určena i pro začátečníky.

Grafy ve fyzice

6. ročník – Měření teploty během dne, průměrná teplota

Žáci dostanou úkol sledovat během dne vývoj venkovní teploty vzduchu a zapisovat každou hodinu její hodnotu do tabulky. Doporučíme jim, aby se snažili mít teploměr na nějakém místě, kde nesvítí přímé slunce a pokud to není možné, aby jej alespoň zkusili obklopit prodyšným krytem (krabice od bot s vodorovnými nastřiženými pruhy vyhnutými spodní částí směrem ven, jako žebra rolet apod.). Doporučíme jim, ať se snaží sledovat teplotu alespoň od 6 hodin ráno do 22 hodin večer.

Zpracování

Data můžeme využít dvěma způsoby. První bude s využitím všech hodnot a vynesení spojnicového grafu. Podruhé spočítáme průměrnou teplotu, jako to dělají meteorologové.

První část – Teplota během dne

Data zapíšeme do tabulky hodinu po hodině a vyneseme graf vývoje teploty vzduchu během dne. V tabulce můžeme zkusit uvést průměrnou teplotu během dne. Doporučuji diskutovat o způsobu, jak k dané hodnotě nejsnáze dospět, protože nemusíme nutně sčítat jednotlivé hodnoty a dělit součet počtem hodnot, ale můžeme využít funkci Průměr. Přijdou na to žáci sami?

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	Vývoj teploty během dne																	
2	13.11.2019, čas (h):	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
3	teplota (ve °C)	5	5	6	7	8	7	9	11	12	12	11	10	9	8	8	7	6

Obr. 1. Příklad tabulky se zadanými daty.

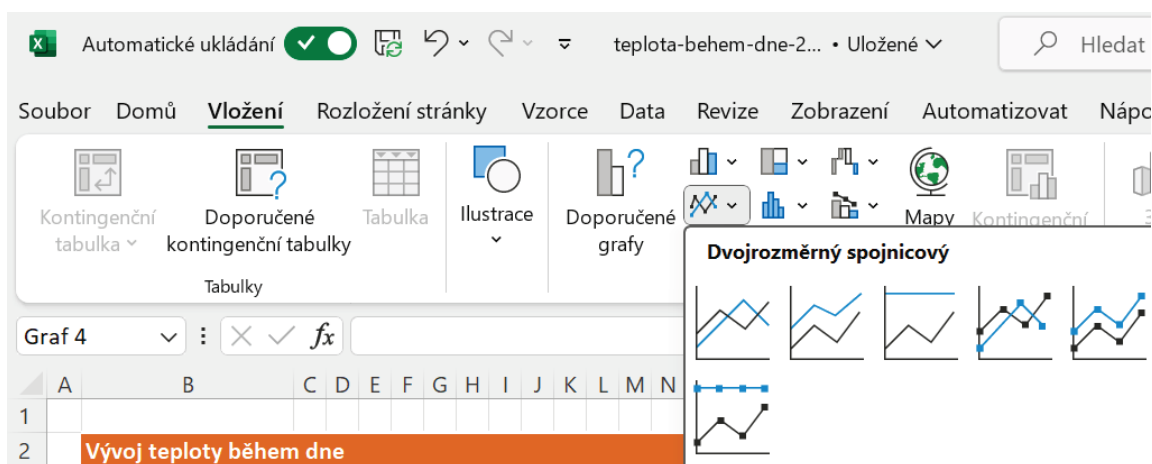
Vývoj teploty během dne																		
13.11.2019, čas (h):	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	průměr
teplota (ve °C)	5	5	6	7	8	7	9	11	12	12	11	10	9	8	8	7	6	8

Obr. 2. Příklad zpracované tabulky.

Pozn.: Na obrázku č. 1 vidíme zdrojová data, jak byla zapsána do tabulky bez formátování. Můžeme se setkat s tím, že uživatelé pro formátování použijí tlačítka na panelu nástrojů (tedy změnu písma, barvu pozadí buněk, ohraničení udělají klikáním na ikonky, tzv. ručně). Měli bychom však žáky vést k formátování textu pomocí připravených stylů. A podobně jsme tedy postupovali zde. Nejprve jsme Nadpis „Vývoj teploty během dne“ formátovali ručně, abychom si tyto základní dovednosti vyzkoušeli, ale pak jsme zbytek tabulky formátovali přes automatické formátování v Excelu (záložka Styly – Formátovat jako tabulku).

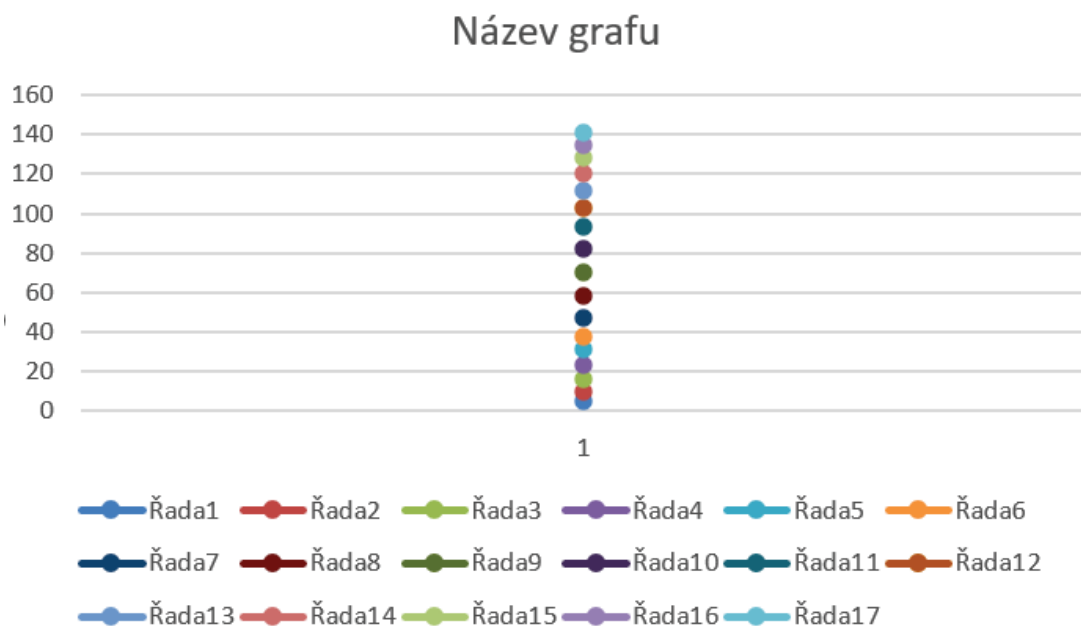
Graf teploty během dne

Měření teploty jsme zvolili na úvod, protože z nich lze tvořit spojnicový graf, což je jedna z nejjednodušších verzí. Stačí označit naměřené hodnoty v řádku teplota (bez průměru, tedy pouze od čísla 5 v druhém sloupci, po číslo 6 v předposledním). Pak dáme Vložení – Graf – Spojnicový a vybereme jeden z nabízených typů:



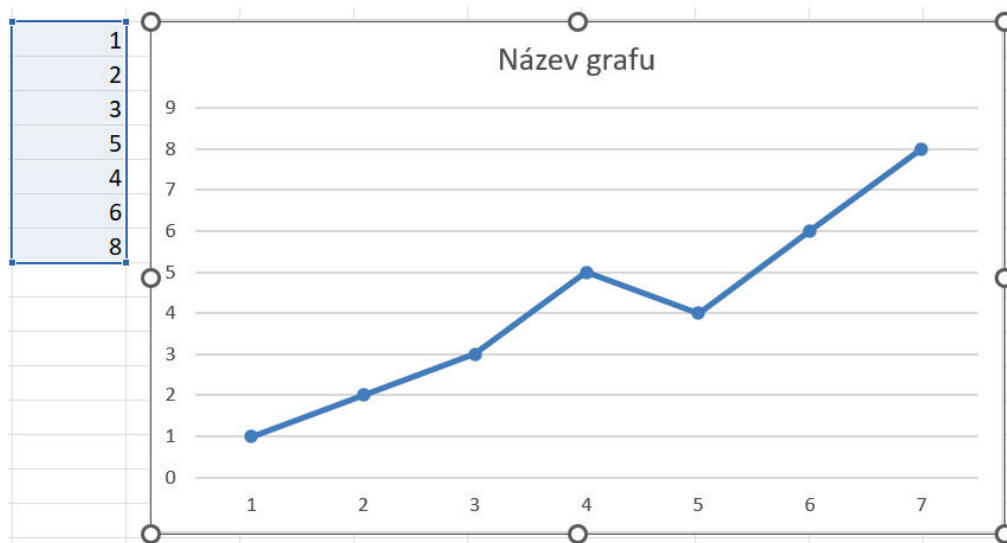
Obr. 3. Typy grafů.

Možná se však stalo toto, což znamená, že tabulkový program něco nepochopil:



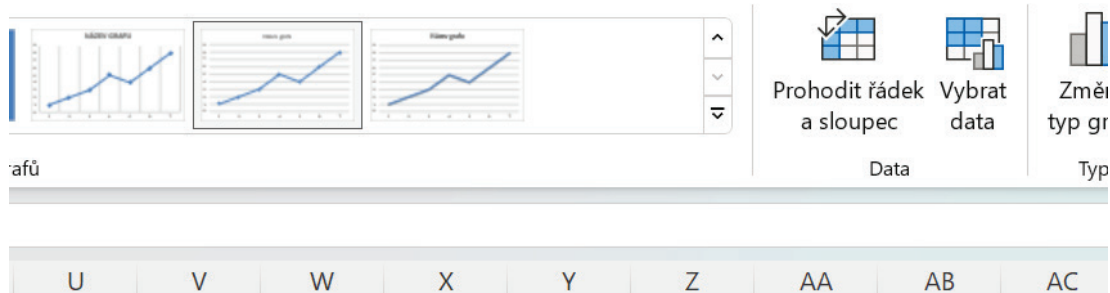
Obr. 4. Graf, ve kterém si Excel myslel, že zdrojem nejsou řádky, ale sloupce.

Pro vysvětlení situace si pojďme zadat několik hodnot pod sebou, například na nový list, nebo na též listu vpravo do prázdných buněk, a znovu zkusme vložit stejný graf:



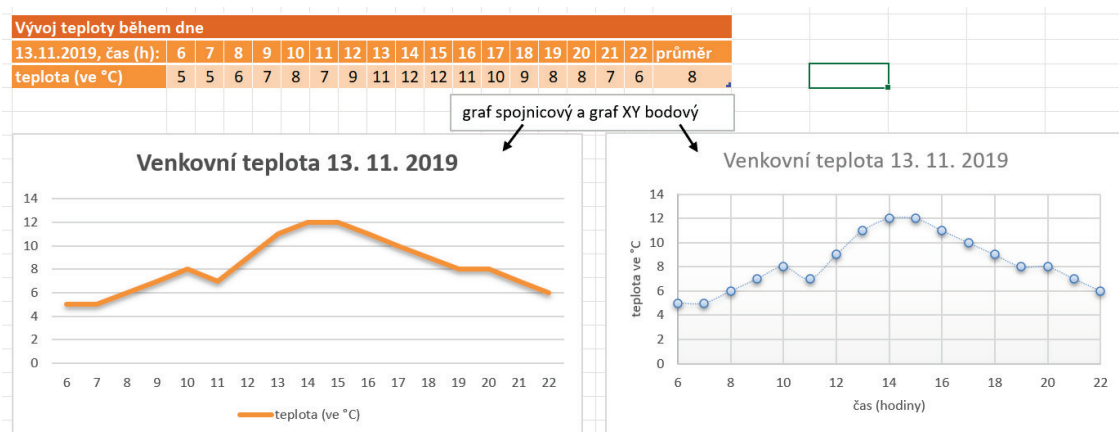
Obr. 5. Ukázka grafu, ve kterém je zdrojem dat sloupec.

Z výsledku je zřejmé, že Excel potřeboval mít data zadaná pod sebou ve sloupci. My je však máme v řádku. Pro tento účel je nahoře v Panelu nástrojů, v záložce Nástroje grafu a Návrh, tlačítko „prohodit řádek a sloupec“:



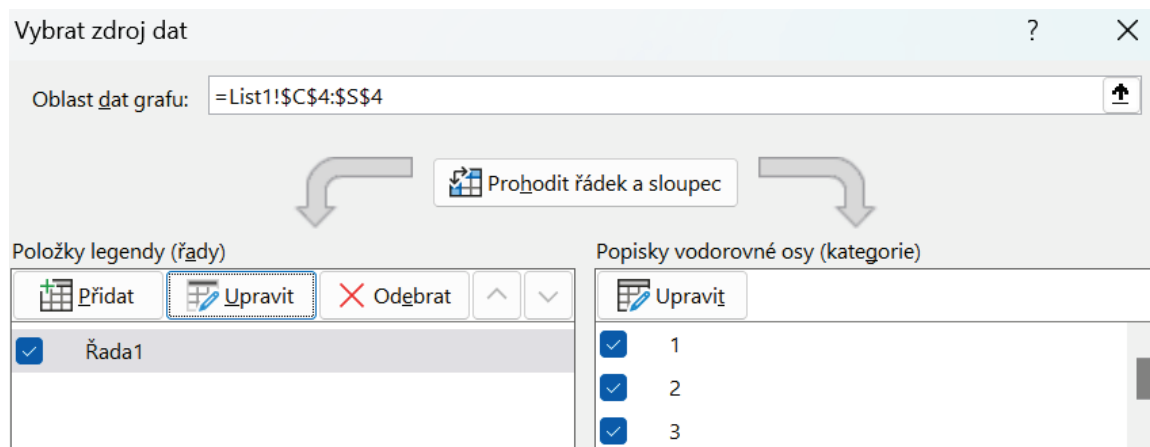
Obr. 6. Ukázka nabídky Nástroje Grafu – Návrh, kde je položka Prohodit řádek a sloupec.

Výsledek může vypadat například takto:



Obr. 7. Ukázka výsledných grafů teploty během dne.

Pozn. Název grafu změníme jednoduše kliknutím do textového pole a přepsáním (na výše uvedeném obrázku č. 7 bychom tedy kliknuli myší kamkoli do nápisu „Venkovní teplota 13. 11. 2019“ a přepsali bychom jej). Popisek dole, kde bylo původně „řada 1“, změníme takto: nahoře v panelu nástrojů v záložce Nástroje grafu klikneme na „Vybrat data“ (nahore v menu, nebo přes pravý klik myší na nápis „řada 1“). Vyskočí nové okno, kde zvolíme vlevo nad „řada 1“ tlačítko „Upravit“. Pokud tam chceme použít stejný popisek, jako v tabulce, stačí nyní kliknout na příslušnou buňku tabulky.



Obr. 8. Ukázka volby zdrojových dat popisků osy x (vodorovné osy).

Druhá část – Průměrná teplota

Zapíšeme do tabulky jen hodnoty v 8, 15 a 22 hodin a hodnotu ve 22 hodin uvedeme vedle ještě jednou. Tyto čtyři hodnoty zprůměrujeme. Tento způsob používají meteorologové ke stanovení průměrné teploty vzduchu během dne. (Předpokládáme, že úlohu zadáváme v období platnosti letního času). Pokud ji realizujeme v zimním období, kdy platí Středoevropský čas, zpracováváme hodnoty naměřené v 7, 14 a 21 hodin (stejně jako vidíme na obr. č. 9). Pokud bychom byli přesní, měli bychom započítat i to, že se má měřit v čase místního poledníku, nikoli občanského na hodinkách. Tedy v Liberci na 15. poledníku měříme v 7:00, ale v Chebu v 7:10 a v Ostravě v 6:47 [1].

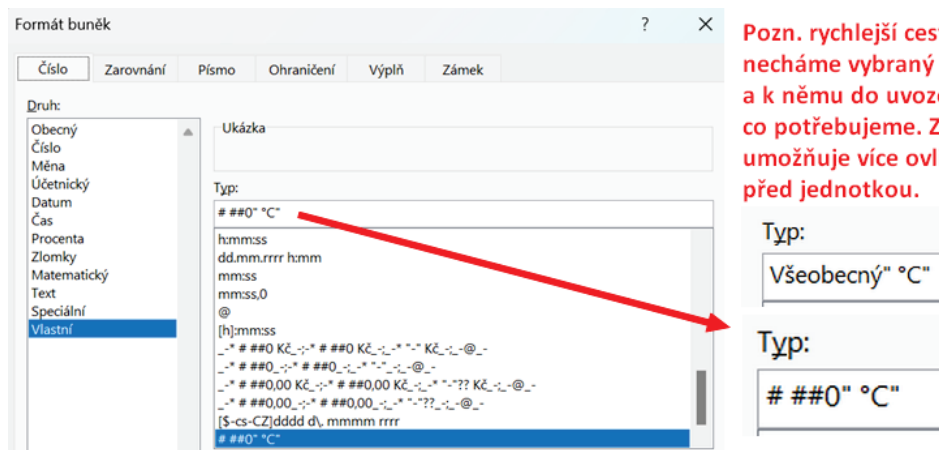
	A	B	C	D	E	F
1						
2		Průměrná teplota během dne				
3						
4		7 hod	14 hod	21 hod	21 hod	průměr
5	13.11.2019	6	12	7	7	
6	14.11.2019	3	6	5	5	

Obr. 9. Příklad tabulky se zadanými daty, bez formátování.

Průměrná teplota během dne					
datum	7 hod	14 hod	21 hod	21 hod(2)	průměr
13.11.2019	6 °C	12 °C	7 °C	7 °C	8 °C
14.11.2019	3 °C	6 °C	5 °C	5 °C	5 °C

Obr. 10. Příklad tabulky s vypočítaným průměrem a formátováním.

Pozn.: Pomocí vlastního číselného formátu doplníme za jednotlivá čísla °C (nikdy tedy nepíšeme jednotky za čísla ručně). Nejprve otevřeme okno Formát buněk – buď klikneme na buňku pravým tlačítkem myši, nebo nahoře na panelu nástrojů Domů klikneme na ikonku čtverečku s šipečkou  vedle nápisu Číslo. V nově otevřeném okně vybereme například předpřipravený formát # ##0 Kč a přepíšeme jej na # ##0 °C. Aby tam byla i mezera mezi číslem a °C, uvedeme jednotku do uvozovek a přidáme před ni onu mezeru:



Obr. 11. Ukázka volby vlastního formátu čísla v položce Číslo v nabídce Formát buňky.

Námět do diskuze:

Jaké bylo počasí v době měření? Poznáme to z naměřených hodnot? Například, když je méně oblačnosti, mění se teplota během dne více, než když je zataženo. Ráno bylo tepleji, než odpoledne – přešla studená fronta a podobně.

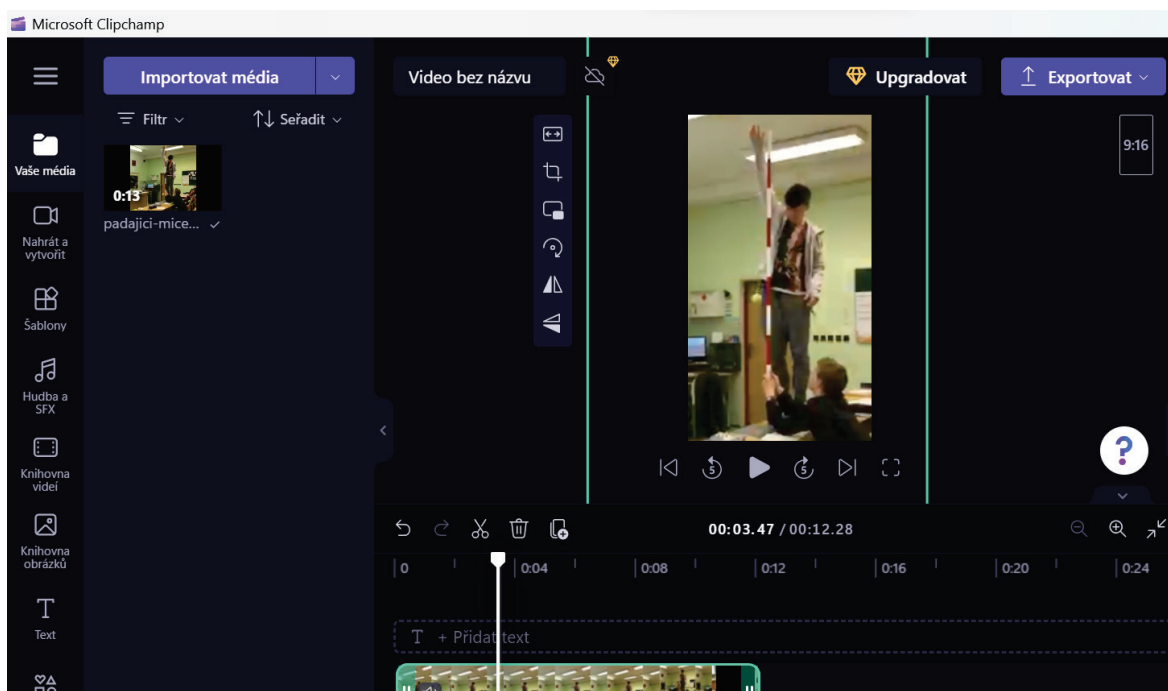
7. ročník – Pohyby těles – padající tenisák – analýza z videa

Pustíme míček z výšky 2 metry podél cejchované tyče po 20 cm. Analýzou zpomaleného videa dostaneme hodnoty času, které si poznamenejeme do tabulky. Následně spočítáme rychlost míčku v daném okamžiku a vyneseme graf závislosti dráhy na čase, ve kterém by mělo být vidět, že nejde o přímku, nýbrž o křivku, tedy graf zrychleného pohybu. (Předpokládá se předchozí znalost, že grafem závislosti dráhy na čase rovnoměrného přímočarého pohybu je přímka).

Pozn. analýzu lze dělat například v programu Tracker [3], který přímo počítá různé hodnoty. My však použijeme videoeditor Clipchamp (součást Windows 10, 11, nebo v Microsoft Store).

Analýza videa a zápis naměřených hodnot

Video si po importu do editoru zvětšíme a dole pod videem pracujeme s jezdcem – šipečkou – na časové ose. Hledáme okamžik, kdy žák pouští míček – vložíme zde střih (rozdělíme klip na dvě části, též klávesou S). Tím vzniknou dvě části videa a my tu první část vlevo před puštěním míčku vymažeme a klip, který zbyde, dole posuneme myší na začátek, aby začínal v čase 0. Nyní posouváme ručně posuvník a odečítáme časy. Protože jde o zpomalené video (iPhone, 240 snímků za sekundu = osmkrát zpomalené), je třeba výsledný čas vydělit osmi, pokud chceme dostat správný výsledek pro rychlost.



Obr. 12. Program Clipchamp a analýza videa volného pádu.

Zapisujeme naměřené hodnoty → provedeme výpočet $\rightarrow v = g \cdot t \rightarrow$ vzorec: $=9,81 \cdot B3/8$

Pozn. Výše uvedený vzorec lze využít, pokud předtím žáci k těmto poznatkům dospěli. Zkušenost z mé praxe velí, že je v takovém případě zajímavé tento vztah společně vyhledat, stručně vysvětlit a použít jej i bez předchozí zkušenosti, kde se vzal. Jestliže vzorec neznají, můžeme zkusit počítat například, jak se mění celková průměrná rychlost od začátku pohybu nebo ještě lépe na každých 20 cm dráhy. Nerovnoměrnost získají také a bude to jejich prostředky, kterým rozumějí.

	A	B	C			
1	padající tenisák			padající tenisák		
2	Dráha (m)	čas (s)	rychlost (m/s)	Dráha (m)	čas (s)	rychlost (m/s)
3	0,0	0,00		0,0	0,00	0,0
4	0,2	1,41		0,2	1,41	1,7
5	0,4	1,92		0,4	1,92	2,4
6	0,6	2,46		0,6	2,46	3,0
7	0,8	3,03				

Obr. 13. Zápis naměřených hodnot a výpočet rychlosti.

Zpracování a graf

Pokud si z naměřených hodnot vyneseme *Bodový graf*, zjistíme, že máme prohozenou osu x a y , pokud jde o obvyklé vyjádření času na ose x . Řešení je opět skryto na záložce *Nástroje grafu* ve „Vybrat data“ (stejně jako na začátku článku v úloze s teplotou během dne). Opět klikneme na „Upravit Řadu 1“, jako v úloze s teplotou. Tentokrát vypadají zadaná data takto:

Upravit řady

?

×

Název řady:

Vyberte oblast

Hodnoty X řad:

= 0,0; 0,2; 0,4;...

Hodnoty Y řad:

= 0,00; 1,41; 1,92; 2,46; 3,03

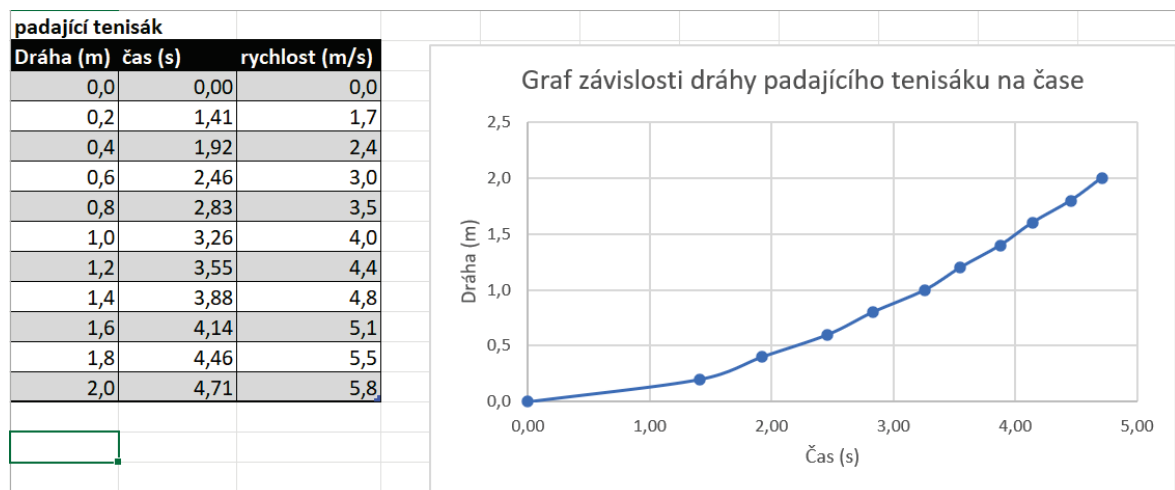
OK

Zrušit

Obr. 14. Nastavení zdrojových dat osy x a osy y .

Musíme prohodit to, co je napsáno v řádku pro x s řádkem pro y . Například překopírovat to, nebo kliknutím na ikonu šipky data znovu vybrat.

Po vhodném naformátování tabulky a doplnění popisků grafu může vypadat výsledek nějak takto:



Obr. 15. Naformátovaná tabulka a ukázka grafu závislosti dráhy na čase.

Pozn.: Cílem bylo jinou formou názorně ukázat, že dráha u tohoto druhu pohybu nenarůstá rovnoměrně. V tabulce například vidíme, že za 1,4 sekundy urazil míček 0,2 m, ale za 2,8 sekundy, tedy za dvojnásobný čas, již 0,8 m (což je o 0,6 m více) a za dalších 1,4 sekundy (tedy v čase 4,2 sekundy) urazil přibližně 1,6 metru, tedy o 0,8 metru více. Zrovna tak v grafu vidíme, že nejde o přímku, jak jsme byli zvyklí u rovnoměrného přímočarého pohybu, který se běžně probírá. Úloha má podnítit snahu rozebírat naměřená data, například jako to děláme my v této poznámce a také ukázat, že některé pohyby kolem nás nejsou rovnoměrné a že je lze také nějak analyzovat a počítat. Úlohu nutně nemusí všichni pochopit zcela, ale má podnítit zvědavost a ukázat, že fyzika je nějak propojena s naším životem a že k měření můžeme použít i počítač nebo mobilní telefon.

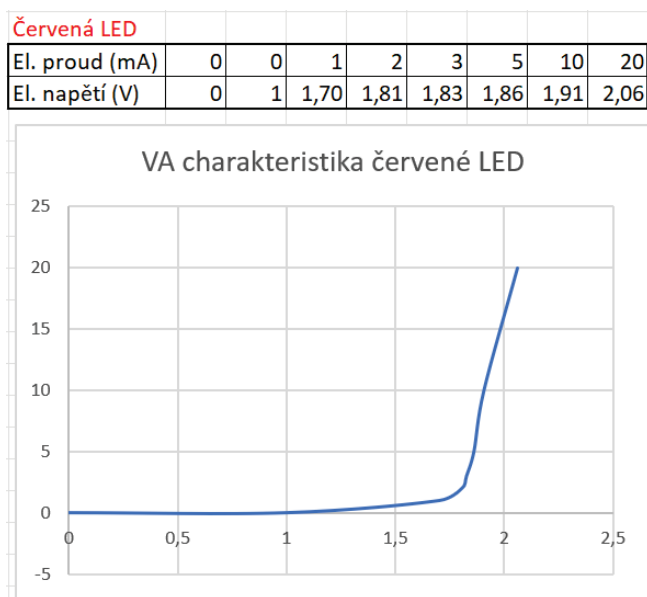
9. ročník – VA charakteristika diody

Měření voltampérové charakteristiky diody je zajímavou aktivitou i pro základní školy. Zajímavější je asi s LED, kde vidíme, že se nerozsvítí hned, ale až po dosažení prahové hodnoty napětí. Obvykle s žáky vynášíme graf do čtverečkovaného nebo milimetrového papíru. To je velmi dobrá aktivita pro cvičení přesnosti a motoriky, ale je vhodné ji doplnit i o zpracování dat pomocí počítače. Můžeme pak například vložit více grafů do jednoho a porovnávat charakteristiky více druhů diod, nebo zpracovat řadu hodnot získaných digitálními měřicími přístroji nebo čidly.

Níže si vše ukážeme na příkladu hodnot naměřených na červené LED a hodnot naměřených pomocí digitálního multimetru propojeného s počítačem přes USB rozhraní.

Červená LED

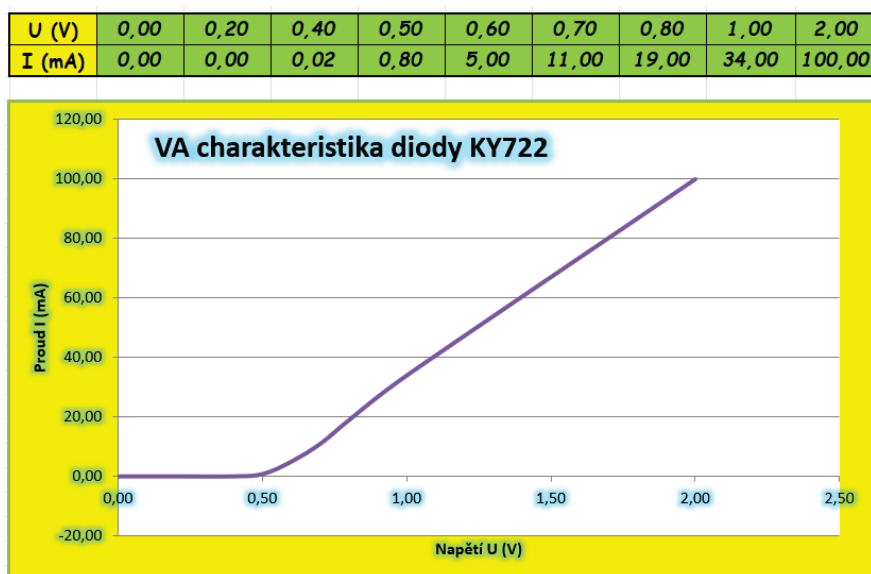
Měření jsme prováděli se zdrojem malých proudů, který jsme vyráběli s Václavem Pazderou na Dílnách 2023 v Brně. Ukázka zpracování:



Obr. 16. Ukázka zpracování VA charakteristiky červené LED.

Uvedené měření trpí metodickou chybou, protože jsme podrobně neproměřili závislost proudu a napětí v okolí hodnoty 1,5 V, ve které se nachází prahová hodnota napětí této LED. Vložili jsme v ukázce jednu nenaměřenou hodnotu pro 1 V $\rightarrow$ 0 mA, aby graf více odpovídal realitě. Prahové napětí se má číst na tečně k zakulacené části grafu – tedy na obr. č. 16, kdybychom přiložili pravítko jako tečnu, přečteme hodnotu asi 1,6 V. To není daleko od hodnoty, kterou bychom mohli naměřit s digitálním multimetrem nebo kterou bychom mohli dohledat u výrobce LED.

Přikládáme na ukázku výsledek žákovské práce ve skupinách s diodou KY722. Všimněte si pěkného formátování buněk i grafu. Z metodického hlediska je možné vytknout, že by žák dokázal nastavovat hodnoty napětí na setinu přesně. V tabulce měly být uvedeny na desetinu voltu. Zrovna tak hodnoty v miliampérech mohou působit nedůvěryhodně a zřejmě byly zaokrouhleny.



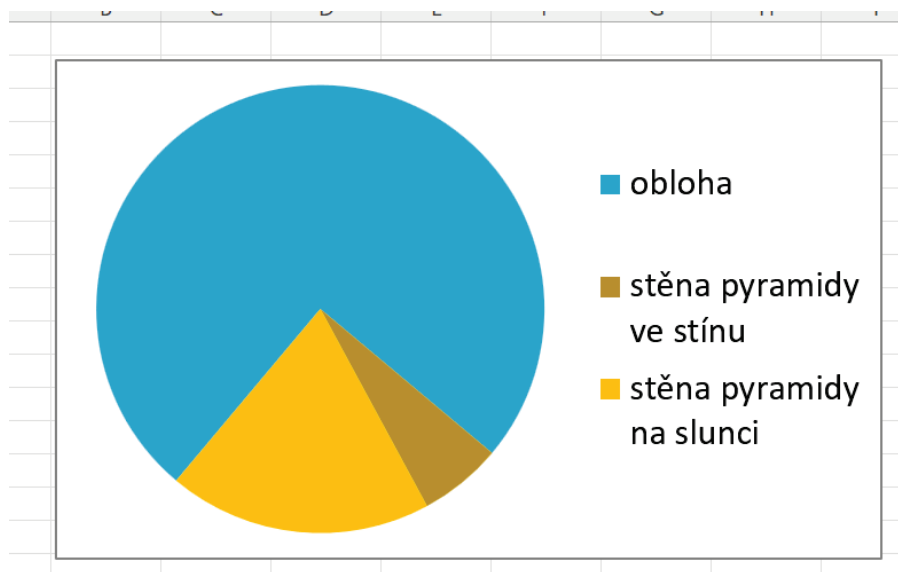
Obr. 17. Ukázka grafu VA charakteristiky usměrňovací diody zpracovaného žáky přímo při výuce.

V příloze [2] je i tabulka reálných hodnot naměřených multimetrem, z níž byl vytvořen graf VA charakteristiky na obr. č. 17. Najdete ji ve složce 3 *dioda* v souboru *dioda multimetrem tabulka a graf.xlsx*.

Obrázek pyramid jako graf

Následující úloha spadá do nové informatiky. Žák vidí výsledný model a má najít takový vzorek dat, který k danému modelu vedl.

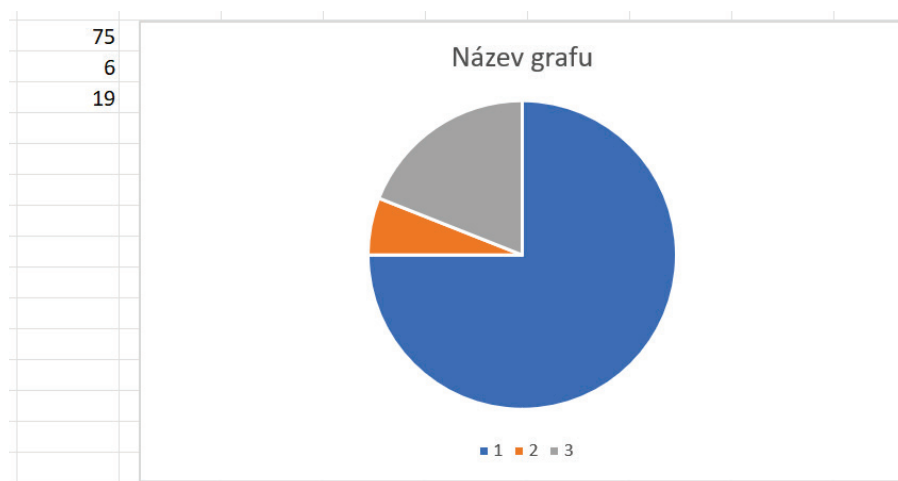
Na obrázku je obrázek pyramidy. Jaká data vedla k jeho vytvoření?



Obr. 18. Obrázek pyramidy – ve skutečnosti výsečový graf s vhodným nastavením.

Jedná se o výsečový graf, který byl vhodně vybarven a natočen. Šíři výsečí je třeba odhadnout. Výhodou tabulkového kalkulátoru je, že změnou hodnoty v tabulce se ihned změní i graf.

Příklad:



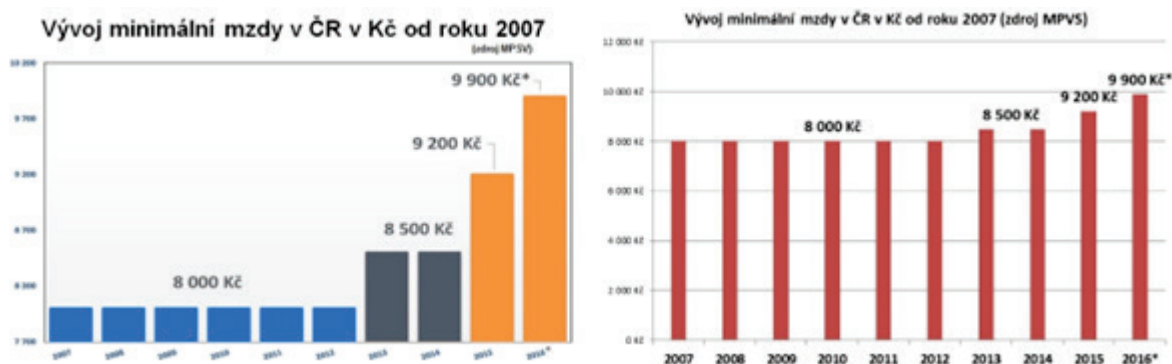
Obr. 19. Ukázka právě vloženého výsečového grafu. Nyní se musí nastavit natočení a barvy výsečí.

Výsledné natočení provedeme kliknutím pravým tlačítkem myši na výšece. Otevře se *Formát datové řady* a zde zvolíme *úhel první výšece*.

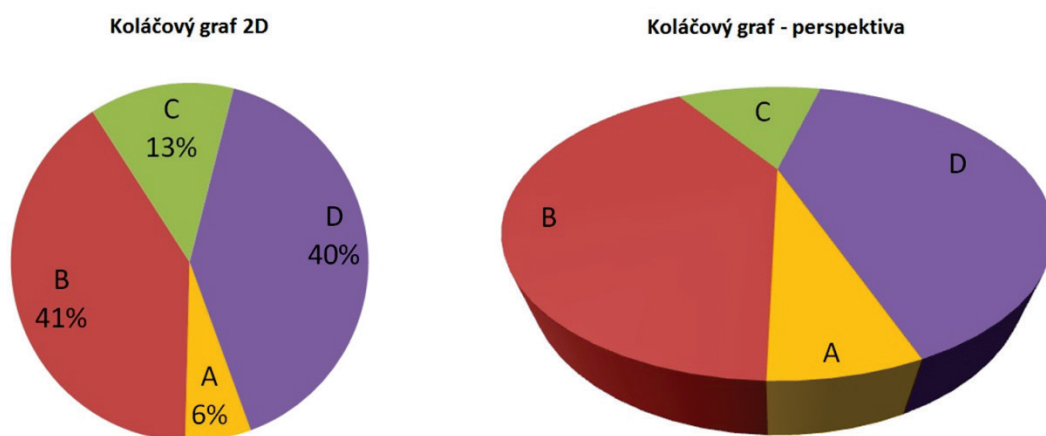
Matoucí grafy

V mediální výchově je vhodné pracovat s osou grafu nebo s natočením grafu. Graf takto upravený nemusí být nutně matoucí. Často je mnohem názornější. Ale v médiích a reklamě se tyto úpravy používají, když chceme ukázat, jak výrazná je sleva, jaký byl růst platů, nárůst nebo pokles výroby apod. Vhodným natočením výšečového grafu můžeme i málo zastoupený výsledek (např. při hlasování) nechat zapůsobit jako mnohem významnější. Důvodem je klamný vliv perspektivy, kdy lidský mozek vnímá bližší výšeč jako větší, než vzdálenější výšeč.

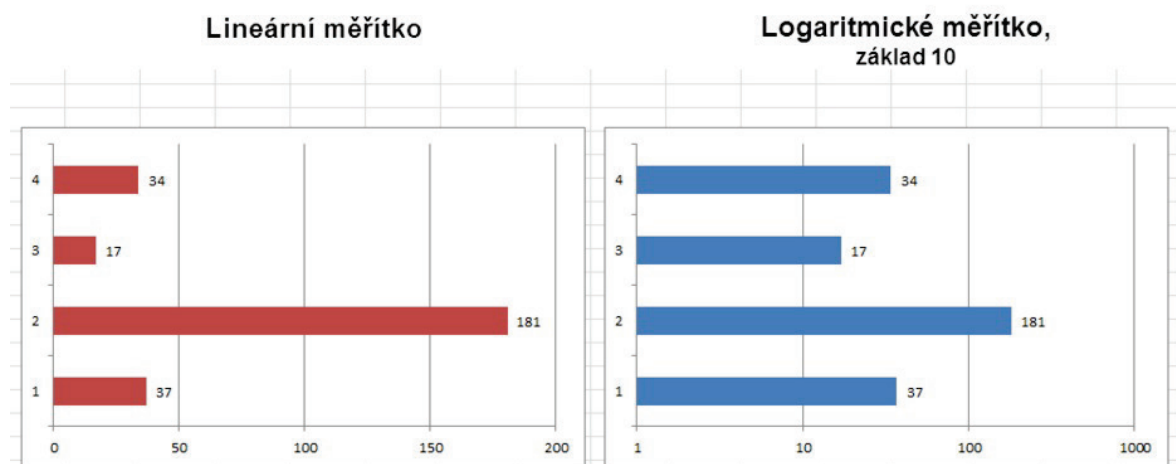
V příloze ve složce „grafy matoucí“ je k dispozici jak zadání, tak grafy, které vám mohou být inspirací. Najdete zde také porovnání s dvěma verzemi z tabulkového kalkulátoru.



Obr. 20. Ukázka práce s počátkem svislé osy. Pokud potřebujeme ukázat, jak výrazně se zvýšila mzda nebo jak velká je prezentovaná sleva.



Obr. 21. Ukázka práce s perspektivou. Pokud strana A ne získala tolik hlasů, nemusí to ještě vypadat tragicky v porovnání se stranou C.



Obr. 22. Práce s měřítkem osy grafu.

Někdy potřebujeme ve fyzice použít logaritmickou škálu, aby jedna hodnota výrazně nezastínila hodnoty ostatní, jejichž pruhy jsou pak kratinké a graf není dost názorný. V ukázce na obrázku 22 je to například hodnota 181, která je přibližně 5 až 10krát větší, než ostatní.

Shrnutí

Ačkoli původním záměrem bylo uspořádat pro učitele fyziky dílnu, kde by se i úplný začátečník naučil některé základní aktivity práce s tabulkovým kalkulátorem a grafy, nakonec se z toho stala dílna, kde jsme zabrousili i do několika konkrétních oblastí výuky fyziky. Přišlo mi zkrátka zajímavější, ukázat některé příklady z mé konkrétní praxe, jak jsem je v hodinách za roky výuky na základní škole zažil. Zkušenost přímo z této dílny v Brně ukázala, že byla vhodná spíše pro úplné začátečníky. Zároveň ale věřím, že díky zajímavým ukázkám by mohla být přínosem i pro zkušenějšího učitele. Nechtě je tedy inspirací a děkuji za tuto příležitost výše uvedené příklady ukázat.

Literatura

- [1] *V kolik hodin se měří maximální a minimální teploty.* Infomet.cz. [cit. 13. 10. 2023]. Dostupné online: <http://www.infomet.cz/index.php?id=read&idd=1303000400>
- [2] *Grafy nejen ve fyzice.* Digicentrum Elixíru do škol Liberec. [cit. 13. 10. 2023]. Dostupné online: <https://elixirict.cz/2023/10/grafy-nejen-ve-fyzice/>
- [3] *Tracker Video Analysis and Modeling Tool for Physics Education.* [cit. 13. 10. 2023]. Dostupné online: <https://physlets.org/tracker/>

Vlnová optika

Peter Horváth

Univerzita Komenského v Bratislave, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

Abstrakt

Príspevok opisuje žiacke aktivity, ktorých cieľom je, aby si žiaci ozrejmili, že svetlo má vlnové vlastnosti. Článok je metodikou vyučovania danej témy. V článku sú uverejnené aktivity venované (aj) vlnovej optike, ako ich vyučujeme na bratislavskom Bilingválnom gymnáziu C. S. Lewisa.

Baywatch

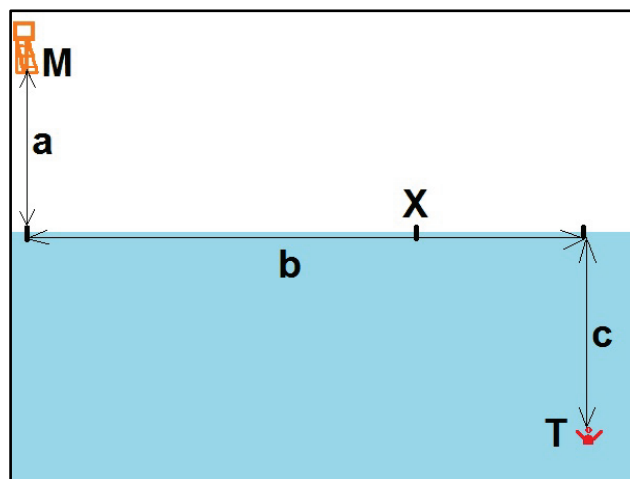


Obr. 1. Čo má spoločné Baywatch s optikou?

Tému venovanú vlnovej optike s obľubou začíname úvodnou scénou zo seriálu [1], pričom otázka pre žiakov je *Čo má spoločné Baywatch s optikou?*

Odpoveďou je princíp najkratšieho času. Ak záchranár Mitch z pozorovateľne na brehu spozoruje topiaceho sa, snaží sa k nemu dostať za najkratší možný čas. Časť trajektórie pritom beží na piesku a časť pláva vo vode. Otázkou je, na ktoré miesto na brehu, na rozhraní piesok – voda sa má záchranár rozbehnúť, aby sa k topiacemu dostal za najkratší možný čas, obr. 2.

Úlohu žiaci riešia statickým modelovaním v Exceli, keď postupne v modeli vypočítame čas pre všetky možné polohy rozhrania. Treba ešte zvoliť vzdialenosti a rýchlosti behu a plávania. My sme zvolili $a = 40$ m, $b = 100$ m a $c = 40$ m, rýchlosti na brehu 6 m/s a vo vode 1,6 m/s. Model je v Prílohe 1 tohto príspevku.

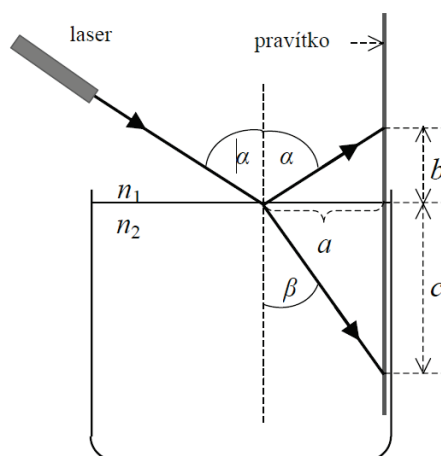


Obr. 2. Na ktoré miesto X na brehu sa má záchranár M rozbehnúť, aby sa k topiacemu T dostal za najkratší čas?

Aj keď v tomto štádiu ešte žiakom neprehrádzame súvislosti lomu svetla s vlnovými vlastnosťami svetla, považujeme aktivitu za úvodnú práve aj k téme vlnové vlastnosti svetla. Neskôr sa k súvislosti Snellovho zákona lomu a princípu najkratšieho času vrátíme.

Meranie indexu lomu zo Snellovho zákona lomu

Index lomu vody pomocou Snellovho zákona lomu sa dá merať rôznymi spôsobmi. Nám sa osvedčil jednoduchý a aj pomerne presný spôsob merania od M. Kladivovej [2], ktorý je schematicky znázornený na obrázku 3.



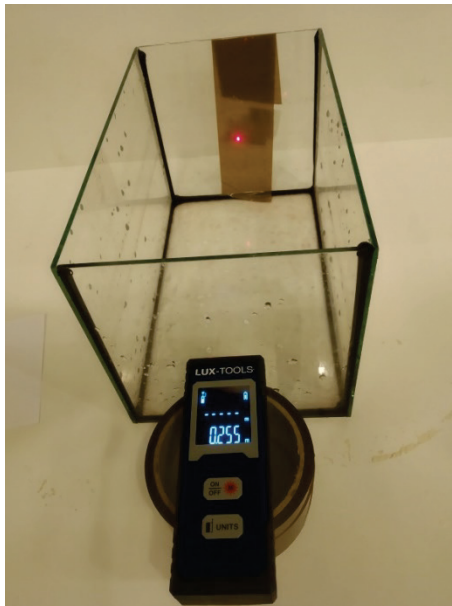
Obr. 3. Schematické znázornenie spôsobu merania indexu lomu vody z Snellovho zákona. Index lomu určíme výpočtom na základe vzdialeností a , b , c .

Jednoduché meranie indexu lomu vody bez využitia lasera sme prezentovali na Konferencii Dílly Heuréky 2015, v prílohe 2 uvádzame doslovný prepis časti nášho článku z príslušného zborníka [3].

Meranie rýchlosti svetla vo vode (indexu lomu) laserovým diaľkomerom

S námetom využiť laserový diaľkomer na meranie indexu lomu vody autora príspevku oboznámil kolega M. Kireš [4]. Opis aktivity je aj na českej stránke fyzikálnych pokusov [5].

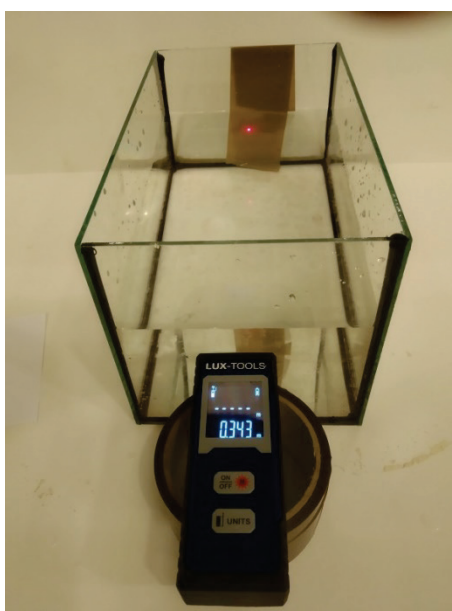
Laserovým diaľkomerom odmeriame najprv dĺžku akvária. My sme konkrétne svietili do akvária z jednej strany na lepiacu pásku nalepenú zvnútra na druhej strane akvária, obr. 4. Diaľkomerom odmeranú vzdialenosť označíme l .



Obr. 4. Meranie vzdialenosti vo vzduchu. Diaľkomer zaznamenal dĺžku akvária.

Žiakov sa môžeme spýtať: Čo ukáže diaľkomer, ak do akvária nalejeme vodu?

Po naliatí vody (obr. 5) diaľkomer ukáže väčšiu vzdialenosť l_1 . Z týchto dvoch údajov môžeme zistiť index lomu vody.



Obr. 5. Meranie vzdialenosti vo vode. Diaľkomer zaznamenal väčšiu vzdialenosť.

Index lomu je definovaný ako podiel rýchlosti svetla vo vákuu (vzduchu) c a rýchlosti svetla v danom prostredí c_1 .

$$n = \frac{c}{c_1}$$

Náš diaľkometer meria čas, za ktorý sa mu vráti vyslaný signál ($2t$ na vzduchu resp. $2t_1$ vo vode) a následne dopočíta vzdialenosť za predpokladu, že rýchlosť svetla je c .

Vo vzduchu odmeria vzdialenosť:

$$l = ct$$

Vo vode odmeria (zdanlivú) vzdialenosť

$$l_1 = ct_1$$

My ale vieme, že v skutočnosti išlo svetlo vo vode pomalšie, rýchlosťou c_1 a za odmeraný čas t_1 prešlo dĺžku akvária l .

$$l = c_1 t_1$$

Ak v definičnom vzťahu pre index lomu čitateľa aj menovateľa rozšírime o t_1 , dostaneme pomer diaľkometerom nameraných vzdialeností.

$$n = \frac{c}{c_1} = \frac{ct_1}{c_1 t_1} = \frac{l_1}{l}$$

Ohyb svetla

Ohyb na vlase, Poissonova stopa

Pre mňa osobne je asi najkrajším školským experimentom demonštrácia ohybu svetla na vlase. Experiment potvrdzuje vlnový charakter svetla. So žiakmi ho robíme frontálne pomocou laserovej diódy, z ktorej odstránime šošovku. Získame tak bodový zdroj svetla. Takto upraveným laserom presvietime vlas a na tienidle môžeme sledovať ohybový obrazec aj so svetlou stopou uprostred. Nápad využiť laserovú diódu ako bodový zdroj svetla pochádza od J. Pavelku [6].



Obr. 6. Demonštrácia ohybu svetla na vlase, využili sme laserovú diódu bez šošovky.

Tento svetlý pruh sa tak trochu ironicky nazýva Poissonovou stopou. Začiatkom 20. storočia totiž S. Poisson vystúpil proti Fresnelovej teórii vlnového modelu svetla s myšlienkou: „Ak do cesty svetelnému lúču postavíme malý nepriezračný kruh, tak potom podľa Fresnelovho modelu by sa mala v strede tieňa objaviť svetlá stopa... Pretože tieto závery sú absurdné, Fresnelov model je nepravdepodobný.“ Prítomný fyzik D. Aradgo následne uskutočnil experiment, ktorým „Poissonovu stopu“ demonštroval [7].

Ohyb svetla na mriežke, CD ako mriežka

Po experimente s vlasom pristúpime k demonštrácii ohybu svetla na mriežke aj s vysvetlením vzniku ohybu.

Výbornou mriežkou je CD nosič zbavený odrazovej plochy. Odrazovú fóliu z CD nožikom alebo nožnicami na malej ploche, asi 2 mm^2 , zoškriabeme. Následne na CD nalepíme lepiacu pásku a pásku strhneme. Spolu s páskou sa nám uvoľní aj odrazová fólia a máme holé CD bez odrazovej vrstvy. Najlepšie sa nám strhávala fólia z prepisovateľného CD [8].

S touto mriežkou z CD môžeme urobiť všetky známe laboratórne merania s mriežkami. Môžeme napríklad zo známej vlnovej dĺžky lasera merať mriežkovú konštantu (vzdialenosť vrypov na CD je $1,59\text{ }\mu\text{m}$), alebo naopak, zo známej mriežkovej konštanty určiť vlnovú dĺžku použitého lasera.

Porovnanie ohybu červeného, zeleného a modrého laserového svetla, rozklad bieleho svetla mriežkou

Aktivita je zameraná na overenie, či žiaci rozumejú, ako dochádza k vzniku maxim na tienidle po ohybe na mriežke. Cez mriežku resp. CD presvietime červené laserové svetlo a pozorujeme maximum na tienidle. Žiakom povieme, že za chvíľu presvietime cez CD zelené resp. modré laserové svetlo. Úlohou žiakov je zamyslieť sa nad vzdialenosťou maxim vytvorených na tienidle lasermi rôznej farby. Žiaci majú správne vybrať z možností:

*Vzdialenosti maxim zeleného svetla budú **väčšie** – **rovnaké** – **menšie** ako červeného svetla.*

Žiakov necháme hlasovať a následne diskutovať o odpovediach. Až potom uskutočníme demonštráciu, pri ktorej porovnáme maximum vytvorené lasermi rôznej farby.

Následne demonštrujeme rozklad bieleho svetla pomocou mriežky a diskutujeme so žiakmi o poradí farieb v maximách vyšších rádov.

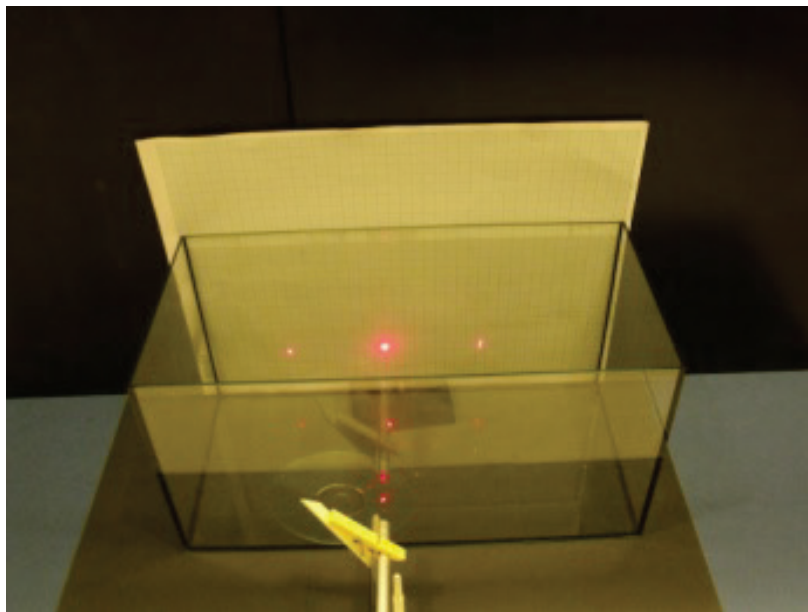
Čo sa mení na rozhraní vzduch voda?

Predchádzajúcimi aktivitami sme sa snažili žiakom objasniť, že rýchlosť svetla vo vode je menšia ako vo vzduchu a že svetlo má vlnovú povahu. Nastoľujeme preto otázku:

Čo sa zmení na rozhraní vzduch – voda? Ak idú svetelné vlny pomalšie vo vode ako vo vzduchu, má svetlo vo vode menšiu vlnovú dĺžku alebo menšiu periódu?

Vedeli by sme rozhodnúť na základe nejakého experimentu, merania?

Odpoveďou je porovnanie ohybu svetla vo vzduchu a vo vode. Experiment uskutočníme pomocou akvária. Na vnútornú stenu akvária umiestnime CD bez fólie a na protiľahlú stenu akvária umiestnime tienidlo. Akvárium necháme zatiaľ bez vody. Kolmo na CD zasvietime laserom. Pozorujeme maximum nultého a prvého rádu na tienidle, obr. 7.



Obr. 7. Maximá nultého a prvého rádu na tienidle. Laserom svietime kolmo na mriežku z CD umiestnenú na bližšej vnútornej stene akvária.

Otázka pre žiakov:

*Ako sa zmení vzájomná vzdialenosť pozorovaných maxím, ak do akvária nalejeme vodu?
Doplň správnu odpoveď:*

*Po naliatí vody bude vzájomná vzdialenosť maxím **menšia – rovnaká – väčšia**.*

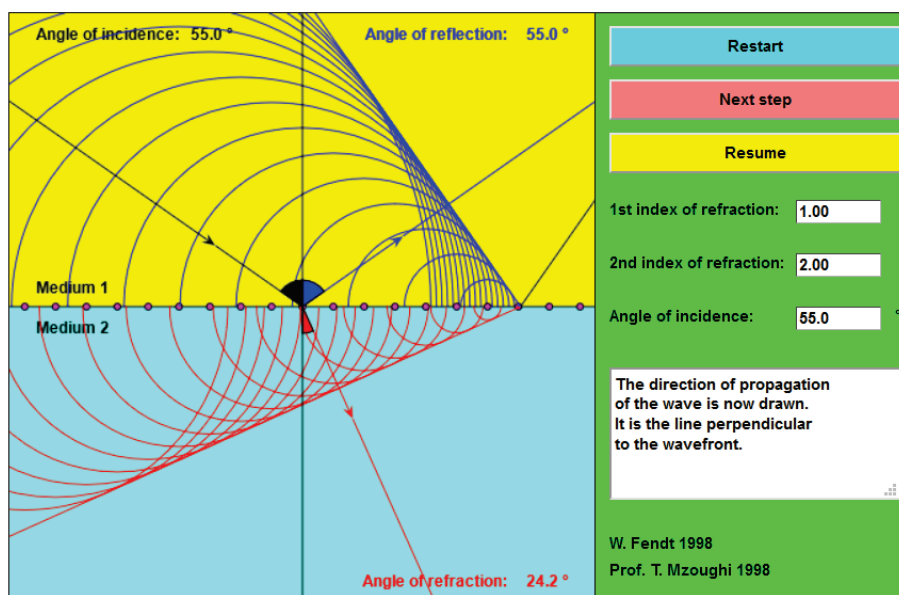
Po žiackej diskusii nalejeme do akvária vodu a pozorujeme, že maximá sa k sebe priblížia, čo potvrdzuje, že vo vode je menšia vlnová dĺžka svetla ako vo vzduchu.

Meranie rýchlosti svetla vo vode ohybom na CD

Porovnaním ohybu svetla vo vzduchu a vo vode s využitím CD nosiča môžeme odmerať aj rýchlosť svetla vo vode, resp. index lomu svetla vo vode. V Prílohe 3 uvádzame takmer doslovný prepis podstatných častí zo zborníka z Veletrhu nápadů učitelů fyziky 18 [8], na ktorom sme metódu prezentovali. Prílohou 4 je prezentácia pripravená pre vyučovanie.

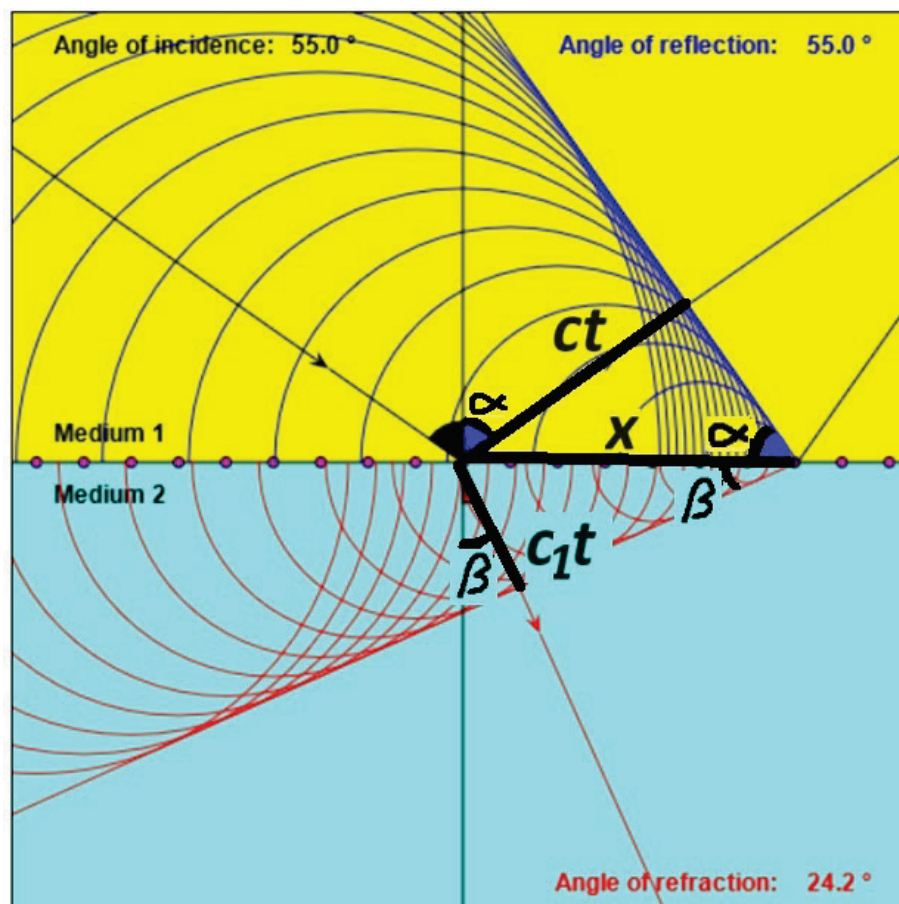
Vysvetlenie lomu svetla pomocou Huygensovho princípu

Po horeuvedených aktivitách môžeme pristúpiť k vysvetleniu súvislosti Snellovho zákona lomu svetla s vlnovými vlastnosťami svetla. Na applete W. Fendta [9] je animácia zobrazujúca odrážanie sa a lom vln na rozhraní dvoch prostredí.



Obr. 8. Odraz a lom svetelného vlnenia, vysvetlenie pomocou Huygensovho princípu [9].

Zameriame sa na vlny, ktoré sa šíria z rozhrania z miesta s vyznačenými uhlami, obr. 9. Na uvedenom obrázku (Príloha 5) majú žiaci ukázať súvislosť medzi Snellovým zákonom a podielom rýchlostí svetla v prostrediach, teda definičným vzťahom pre index lomu. Učiteľova pomoc pri riešení tejto úlohy bude zrejme potrebná.



Obr. 9. Po odraze svetlo prešlo vzdialenosť ct , zatiaľ čo svetlo po lome vzdialenosť c_1t .

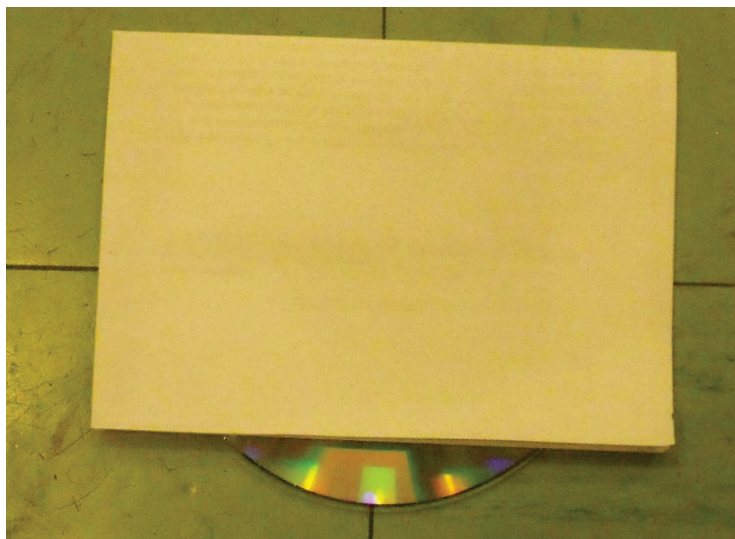
Po odraze svetlo v naznačenom smere prešlo vzdialenosť ct , zatiaľ čo svetlo po lome vzdialenosť c_1t . Uhol s veľkosťou uhla dopadu a odrazu α sa nachádza aj na pravom konci úsečky x zhora, podobne ako sa uhol s veľkosťou uhla lomu β nachádza sa na pravom konci úsečky x zdola. Vyjadríme podiely sínusov uhlov α a β a máme rovnicu, ktorá vyjadruje súvislosť medzi Snellovým zákonom a podielom rýchlostí svetla v daných prostrediach.

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{\frac{ct}{x}}{\frac{c_1t}{x}} = \frac{c}{c_1} = n$$

Rozklad svetla na CD, návod na výrobu jednoduchého spektroskopu

Pozorovanie spektra bieleho svetla odrazom od CD

CD umiestnime odrazovou plochou nahor na zem a prekryjeme papierom tak, aby ostal asi 2 cm pásik, obr. 10. Zo vzdialenosti približne 1 meter naň zasvietime bielym svetlom. Necháme žiakov pohybovať sa smerom od CD kolmo na jeho štrbiny. Postupne budú vidieť všetky farby dúhy. Uvidia svetlo z bieleho zdroja, ktoré sa v prvom (a následne druhom) ráde maxima v príslušných smeroch zosilňuje postupne pre rôzne farby.



Obr. 10. CD položené na zemi pripravené pre pozorovanie farieb spektra.



Obr. 11. Pozorovanie svetelného spektra, postupne vidíme na CD všetky farby dúhy.

Výroba jednoduchého spektroskopu

Z uvedeného pozorovania vyplýva aj princíp činnosti jednoduchého spektroskopu, možno najjednoduchšieho aký poznáte. Na jeho výrobu použijeme kúsok CD, tmavý matný papier, lepiacu pásku a nožnice. Na spektroskope na obr. 12 môžeme vidieť vpravo hore otvor, ktorým sledujeme rozložené spektrum, vľavo hore je medzi dvoma okrajmi papiera štrbina pre zdroj svetla, ktorý chceme sledovať. Na spektroskop môžeme ešte prilepiť bočné steny. Návod na výrobu spektroskopu je v prezentácii v Prílohe 6.



Obr. 12. Prierez spektroskopom

PodĎakovanie

Príspevok vznikol ako súčasť riešenia projektu 059UK-4/2022 *Príprava učiteľov fyziky na využívanie neformálneho a informálneho vzdelávania*.

Literatúra

- [1] https://www.youtube.com/watch?v=O0ngwgu_Us4&t=1s&ab_channel=Baywatch
- [2] Kladiťová, M.: Určenie indexu lomu – experimentálna úloha, 49. Ročník fyzikálnej olympiády v školskom roku 2007/2008, zadania úloh 1. Kola kategórie A. In: Mladý vedec 1, roč.1. MPC Bratislava, 2007, str. 13 – 14. ISSN 1337-5873 Dostupné online: http://stary.mladyvedec.sk/download/01/00_cislo01.pdf
- [3] Horváth, P., Horváthová M.: Pokusy a aktivity z geometrickej optiky. In: Díľny Heuréky 2015. Sborník konference projektu Heuréka. Matfyzpress, Praha, 2016, s. 32-50. ISBN 978-80-7378-322-8. Dostupné online: https://kdf.mff.cuni.cz/heureka/former/sborniky/DilnyHeureky_2015.pdf
- [4] Kireš, M. a kol.: Bádateľské aktivity v prírodovednom vzdelávaní, časť A. Bratislava, ŠPÚ, 2016, str. 81. ISBN 978-80-8118-155-9. Dostupné online: https://www.statpedu.sk/files/articles/nove_dokumenty/ucebnice-metodiky-publikacie/badatelske-aktivity/01cast_a_web.pdf
- [5] Měření indexu lomu pomocí digitálního dálkoměru — Sbírka pokusů. Dostupné online: <https://fyzikalnipokusy.cz/2184/mereni-indexu-lomu-pomoci-digitalniho-dalkomeru>
- [6] Pavelka, J. 2011. Laserová ukazovátka a co s nimi ve škole. In Díľny Heuréky 2011, Sborník konference projektu Heuréka. Prometheus, Praha, 2011. ISBN 978-80-7196-426-1 Dostupné online: https://kdf.mff.cuni.cz/heureka/former/sborniky/DilnyHeureky_2011.pdf
- [7] Chalupková, A. Praktikum školských pokusov z fyziky, Návod na riadenie samostatnej práce, časť Optika. Univerzita Komenského v Bratislave 1996, str. 86. ISBN 80-223-1034-4.
- [8] Horváth, P. Meranie indexu lomu svetla vo vode pomocou CD. In: Veletrh nápadů učiteľů fyziky 18, Gaudeamus, Univerzita Hradec Králové, 2013, s. 58-61. ISBN 978-80-7435-372-7. Dostupné online: <https://vnuf.cz/sbornik/prispevky/18-06-Horvath.html>
- [9] https://www.walter-fendt.de/html5/phcz/refractionhuygens_cz.htm

Sériově, paralelně s Ohmem a viditelně

Zdeněk Hubáček

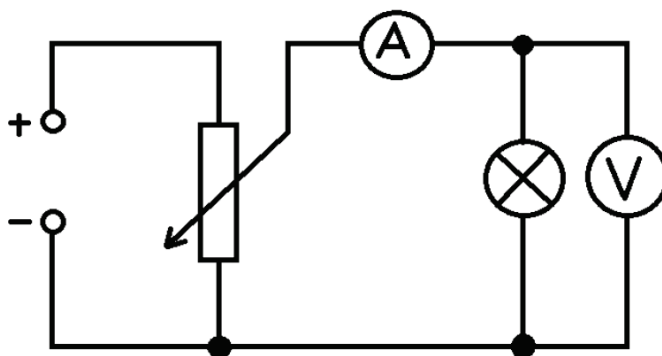
Gymnázium Kroměříž

Abstrakt

Jak zavádím Ohmův zákon s žárovkou? Jaké napětí naměříme na ampérmetru? Které vodiče jsou vhodné pro ukázky sériového a paralelního zapojení? Je bezpečné sahat do objímky vánočního řetězu, i když je na žárovce hodnota třeba jen 1,5V? Která žárovka svítí v sériovém zapojení nejvíc/nejmíň? Jaký výkon má prodlužka a proč ji rozmotávat, jak je to s její indukčností? To jsou otázky, ke kterým byly nabídnuty odpovědi a nezapomněli jsme ani na výrobu "kouzelné sériové hračky".

Ohmův zákon se žárovkou podle Vaška Pazdery

Ohmův zákon jsem se na žárovce naučil zavádět po jedné cestě z Náchoda, kdy mi o tom, jak to dělá sám, vyprávěl Vašek Pazdera: „Uvědom si, jak to měl ten Ohm těžké, když měl zavést zákon o přímé úměrnosti a ona u velké části vodičů vychází křivka“. Takže je to pro mě podle Vaška Pazdery, i když například v [1] to najde podobně.



Obr. 1. Schéma zapojení, klasickou žárovku montuji do patice E 27 s vyvedenými kontakty

Tedy: Nejprve naměřím V-A charakteristiku v obvyklém zapojení na žárovce s obyčejným vláknem o výkonu 60 až 100 watt. Napětí zajistí běžný laboratorní zdroj. Rozsah napětí volím tak, aby proud nepřekročil hodnotu pojistky ampérmetru, a postupuji od 0 V v násobcích 1 V, 2 V, 4 V, 8 V, 16 V. V připravené tabulce pak žáci vidí, že hodnoty proudu rozhodně nepřibývají přímo úměrně, ale jim to nijak nevadí. Mnohdy následuje poznámka: „... a kdy to jako bude svítit?“ Nesvítí to, ale hřeje, a dost, a to by vlastně mohlo vadit! Žáci už mají jakousi představu o souvislosti mezi odporem a teplotou. Mí osmáci sice zatím vnímají *elektrony v krystalové mříži jako trpajzlíky v hustníku, který se nárazy trpaslíků rozechvívá a klade tak větší překážku dalším trpajzlíkům*, ale to mi snad odpustíte.

Jak vlákno chladit? Ponořit žárovku se skleněným obalem do vody moc nepomůže, takže pryč s ním. Pokud nevíte jak na to, podívejte se do [1], kde je detailní videonávod.

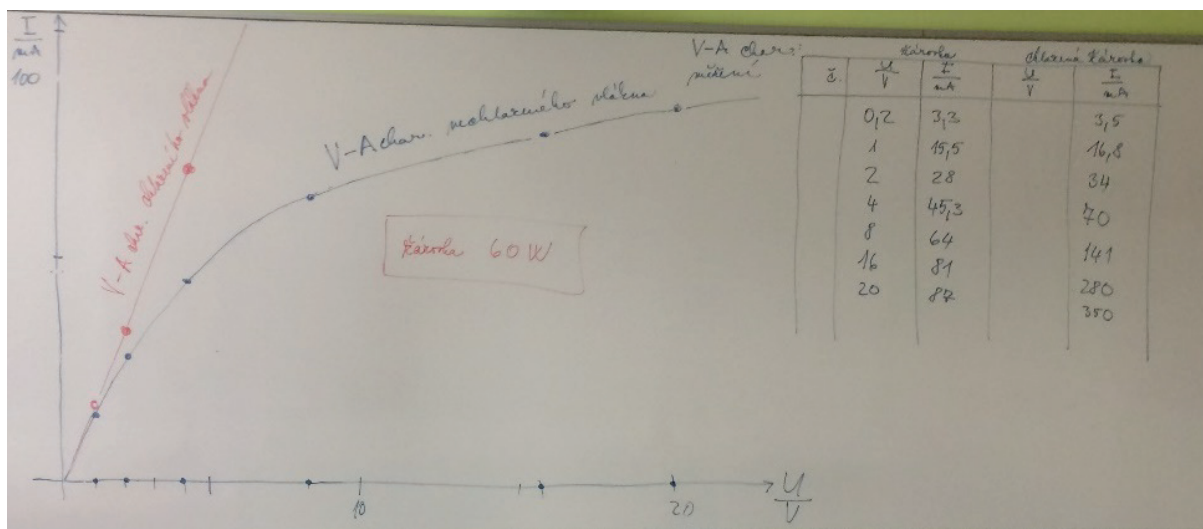


Obr. 2. Odstraňování skla. Převzato z [1]. (Poznáte, čím jsou ruce na fotce?)

Následuje opětovné proměření V-A charakteristiky s vláknem namočeným do vody, která zajistí dostatečné chlazení, a zápis proudů do dalšího sloupce v předchozí tabulce pro stejnou sekvenci hodnot napětí. Tady už žáci zbystrí a předpovídají, co naměříme. Poslední hodnoty přes 200 mA již úplně nekorrespondují, protože voda nestíhá chladit prouděním, ale po lehkém zamíchání proud předpověď splní.

Je zde vidět, že studené vlákno má maličký odpor, takže sahat do objímky vánočního řetězu se žárovkami i jen na 1,5 V je životu nebezpečné. My se pak stáváme tím největším odporem zapojeným do série a je na nás největší napětí i výkon.

Rýsování V-A charakteristiky rukama považuji za nezbytné a naměřené hodnoty umožňují jednoduché měřítko $1 \text{ V} = 1 \text{ cm}$, $1 \text{ mA} = 1 \text{ mm}$. Obě charakteristiky kreslíme do jednoho grafu.



Obr. 3. Takto může vypadat V-A charakteristika v hodině. Modrá náleží nechlazenému vodiči. Rovná červená náleží chlazenému vlákně – odpovídá znění **Ohmova zákona: Proud je přímo úměrný napětí** při stálém odporu spotřebiče.

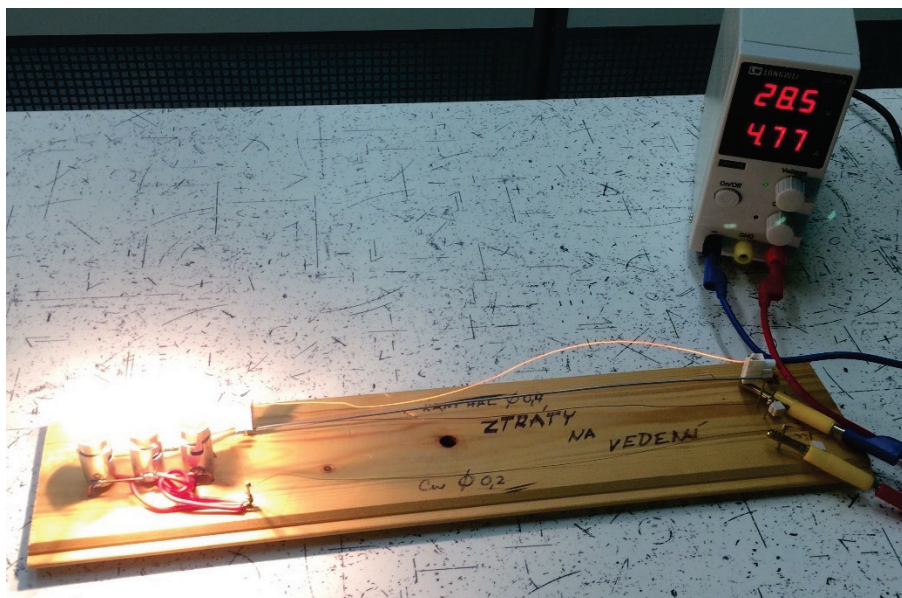
Pokud vše stihneme, ukážeme si, jak svítí odbalená žárovka při provozním napětí 230 V. Nepozorní žáci zahlédnou pouze obláček kouře.

Model dlouhého přívodního vedení

Model dlouhého vedení je proveden z významně kratšího kanthalového drátu 0,4 mm, jehož odpor je při použité délce asi $5\ \Omega$. Reostat tvořený třemi paralelně zapojenými autožárovkami 12 V, 21 W umožňuje postupné zvyšování odběru výkonu ze zdroje. Je zde velmi dobře patrné, jak jas po každé další připojené žárovce spíše klesá, protože výkon ztracený na vedení je srovnatelný s výkonem, který odvádí vedení ve formě tepla a dobře lze navázat „válkou proudů Edison x Tesla“.

Je zajímavé proměřovat napětí, které se usadí na jednotlivých částech obvodu, dokonce i na ampérmetru v rozsahu malého proudu do 200 mA bude znatelný ubytok napětí.

Pokud chceme, aby tři žárovky opravdu svítily, potřebuje dané uspořádání až 30 V. Při tomto nastavení již začíná přívodní vedení svítit, jak vidíte na obrázku č. 4. Pro pokusy s vyššími požadavky na proudové zatížení tedy pozor na levné vodiče s vlasovým měděným vedením, i zde se může začít tavit izolace, nebo experiment prostě neproběhne, protože se dostatečný proud přes odpor vodičů prostě nepropasíruje.

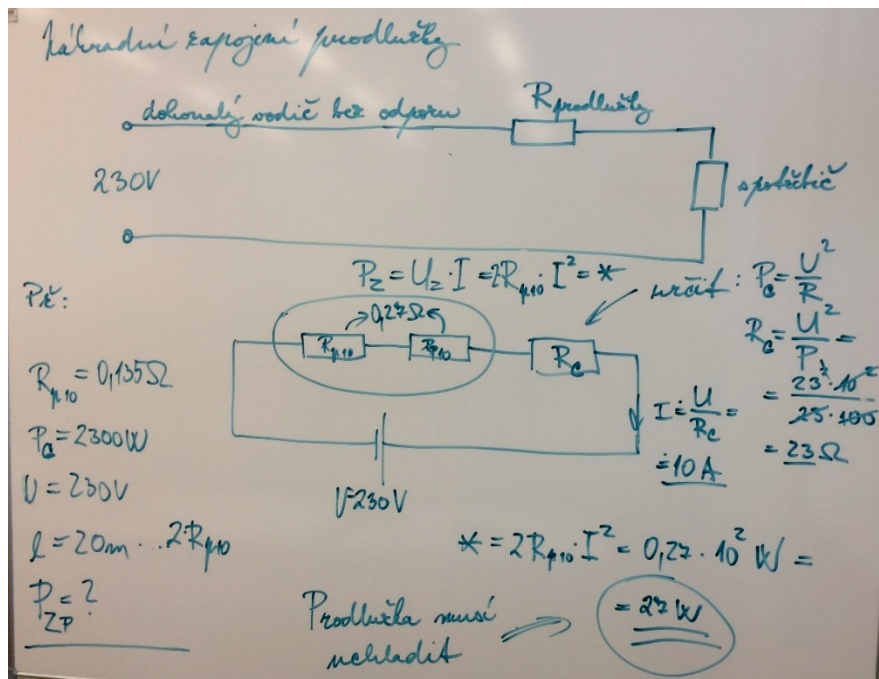


Obr. 4. Model dlouhého vedení (Svítící kanthalový vodič, nezapojené dráty jsou železné různého průměru, většinou nejsou při pokusu používány.)

Navazuje diskuse o **nerozvinuté prodlužce** při velkém příkonu spotřebiče. Možná jste byli při nějaké situaci svědky aktivace tepelné pojistky a výpadku proudu v důsledku přetížení nerozvinuté prodlužky. Častý nápad absolventů SŠ kurzu fyziky bývá, že prodlužka se vypíná kvůli své indukčnosti. Výkon indukčnosti je v tomto případě mizivý, a navíc vždy jalový. Následující fotka tabule obr. 5 ukazuje zadání a zjednodušené řešení výkonu prodlužky pro „pěkná čísla“. Výsledek není nijak závratný, ale uvědomíme-li si, že „Teplo UŠ“ na vysoušení bot má výkon $2 \times 4\ \text{W}$, na zahřátí bubnu 27 W s navinutým kabelem jistě stačí. Tepelná pojistka se sice po nějaké době opět „nahodí“, ale vychladlý grill a tvrdé maso už asi nikoho neoslňuje, takže prodlužku rozvíjíme, ať se radši průběžně chladí.

Pro doplnění: Kapacitance, s jalovým výkonem, předřazená diodové kontrolce při napětí zdroje 230 V, je významně lepší řešení než předřadný odpor, který bude muset uchlazet asi 5 W.

Znění příkladu na obr. 5: Jaký ztrátový výkon má běžná prodlužka délky 20 m o odporu $2 \times 0,135 \Omega$, kterou je napájen gril o výkonu 2,3 kW při síťovém napětí.



Obr. 5. foto řešení (spíše myšlenková mapa ☺) – „prodlužka“

Sériové žárovky podle Vaška Piskače [2]

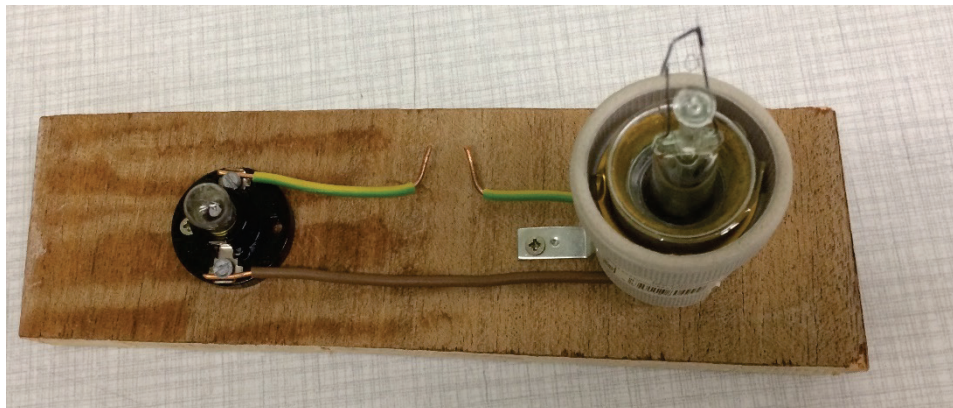
Pro otázky typu: „Na které žárovce je největší výkon?“ jsem si podle vzoru Vaška Piskače [2], zhotovil krabici se sériovými žárovkovými paticemi. Obdobné zařízení je možné zhotovit i pro bezpečné napětí, ale výhoda velké škály výkonů při stejném jmenovitém napětí je neodolatelná. Na sestavě je nádherně vidět, že nejvíc svítí ty nejslabší žárovky s největším odporem vlákna.



Obr. 6. Vaškova krabice se sériovými žárovkami – vše dokonale popsáno v [2]

Kouzelná sériová hračka

V závěru dílny si každý vyrobil kouzelnou hračku z obrázku č. 7. Jedná se o sériové spojení žárovky E10 se jmenovitými hodnotami 3,5 V, 200 mA a žárovky E27 230 V, 100 W. Tedy extrémní varianta Vaškových žárovek.



Obr. 7. Kouzelná hračka

Po připojení ke zdroji s pouhými 9–15 V dojde k jasnému rozsvícení malé žárovky a následnému svižnému pohasnutí. Už zde můžeme nechat odhadovat studenty co se stalo. Následuje dvojice experimentů s foukáním na vlákno odhalené 100 W žárovky a s jeho žhavením plamenem. Co se bude dít si určitě vyzkoušejte. Velká teplotní závislost odporu wolframového vlákna z něj dělá teplotně regulovaný reostat a žárovičku si tak můžete „rozfoukat“ nebo zhasnout plamenem.

Závěr

Přeji nám všem, aby žárovky nebo tepelné zdroje, které „nejsou určeny pro použití v domácnosti“ ještě dlouho vydržely v prodeji.

Literatura

- [1] *Sbírka fyzikálních pokusů*. [cit. 17. 11. 2023]. Dostupné online:
<https://fyzikalnipokusy.cz/894/voltamperova-charakteristika-zarovky>
- [2] *Fyzikální šuplík*. [cit. 17. 11. 2023]. Dostupné online:
https://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/elektro/serieve_zarovky.pdf

Mýdlové hrátky

Miroslav Jílek

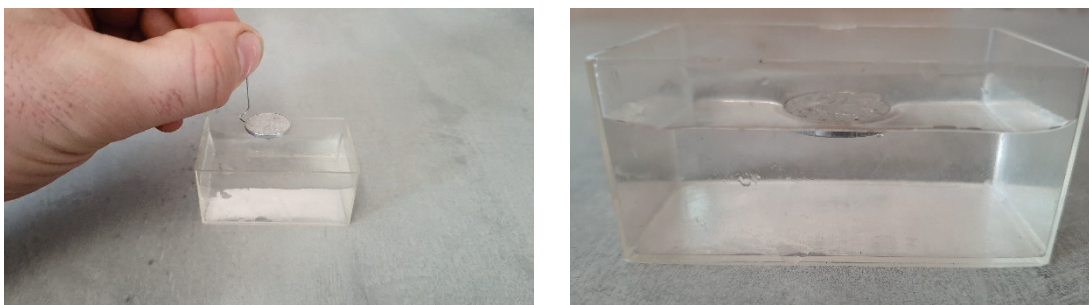
Gymnázium, Polička, nábřeží Svobody 306

Abstrakt

Dílka byla zaměřena na zkoumání tvaru povrchu mýdlové vody na různě tvarovaných vyrobených drátěných konstrukcích. Dále byla předvedena metoda, jak pomocí vyrobených drátěných rámečků změřit velikost povrchového napětí mýdlové vody.

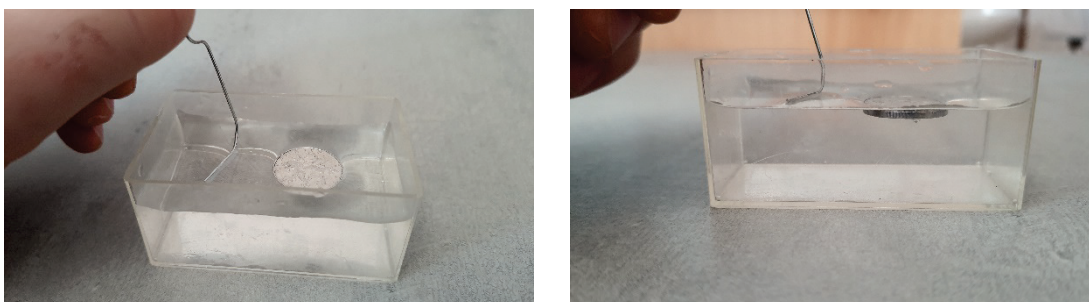
Úvod

Zkoumání specifických vlastností povrchové vrstvy vody, případně jiných kapalin lze kvalitativně provádět na úrovni druhého stupně ZŠ při probírání fyzikálních vlastností kapalin, související jednoduché pokusy a jejich důsledky však mohou být dobře zkoumány klidně i dříve, na prvním stupni ZŠ nebo při aktivitách v MŠ. Na středoškolské úrovni je potom možné hovořit podrobněji o příčinách vzniku povrchového napětí a měřit alespoň přibližně velikost stejně pojmenované fyzikální veličiny.



Obr. 1., 2. Mince na povrchu vody.

Dobře známé jsou pokusy ukazující, že povrch kapaliny dokáže udržet drobné předměty o větší hustotě než má kapalina. Využít k nim můžeme například staré hliníkové mince (u nichž se nemusíme bát o jejich znehodnocení), případně jiné drobné předměty umístěné na hladinu vody v nádobce pomocí vidličky nebo zahnuté kancelářské sponky. Lehkým dotýkáním se povrchu vody zahnutým koncem kancelářské sponky si také žáci sami snadno vyzkouší pružnost povrchu vody, když jsou schopni hladinu vody mírně promáčknout nebo naopak povytáhnout podobně jako nafouknutý pouťový balónek.

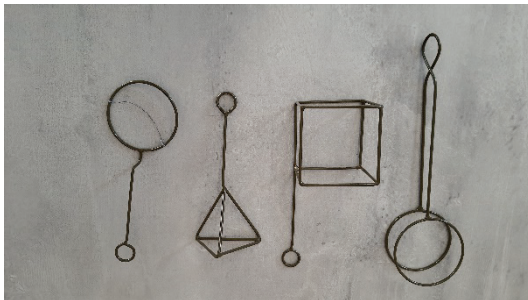


Obr. 3., 4. Deformování povrchu vody sponkou.

Odtud se snadno vytvoří představa o povrchové vrstvě kapaliny jako tenké pružné bláně. Více o využití těchto jednoduchých pokusů ve výuce včetně zavedení povrchového napětí a popisu některých metod měření povrchového napětí lze najít v příspěvku [1].

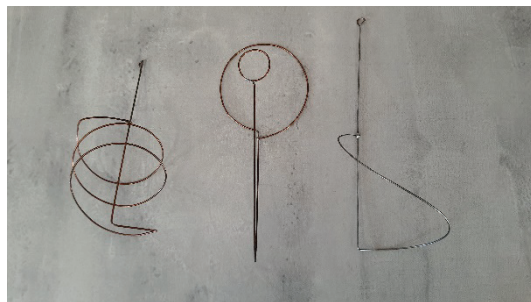
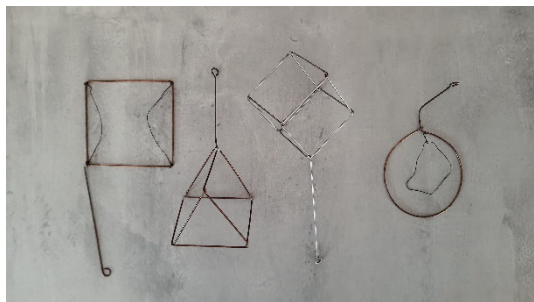
Drátěné konstrukce

Inspirací pro vznik této dílny byly zkušenosti s používáním v minulosti vyráběné školní demonstrační sady drátěných konstrukcí pro ukázky chování tenkých mýdlových vrstev. Ponořením do mýdlového nebo jarového roztoku se na drátěných kostrách vytvoří tenké mýdlové blány zajímavých prostorových tvarů.



Obr. 5. Originální demonstrační sada drátěných modelů.

Podobné drátěné kostry lze poměrně snadno vyrobit vytvarováním a spájením tenkých svařovacích drátů a vytvořit si tak levně rozšířenou sadu pro demonstraci nebo pro samostatné žákovské zkoumání.

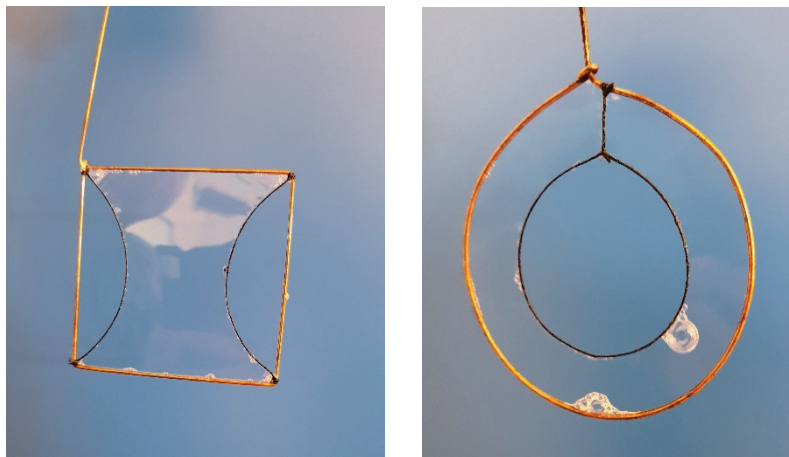


Obr. 6., 7. Vytvořené drátěné konstrukce.

Nejjednodušší tvar představuje drátěná kružnice s nití navázanou přes průměr této kružnice. Jestliže potom takový útvar ponoříme do mýdlové vody, vytáhneme a prstem nebo tužkou odstraníme mýdlovou blánu v jedné části kružnice rozdělené nití, stáhne se mýdlová blána v druhé části tak, aby dosáhla co nejmenší plochy povrchu. Na niti vypnuté působením mýdlové vrstvy tak můžeme dobře pozorovat povrchovou sílu, která působí v rovině povrchu kapaliny kolmo na její okraje (určené zde nití a drátěným půlkruhem). Místo drátěné kružnice z originální sady lze snadno vytvořit třeba čtverec a použít více nití, nebo očko z niti, abychom ukázali, že povrchová síla působí opravdu kolmo na všechny okraje, což vede k příslušnému vytvarování volných nití, jak je vidět na fotografiích 8 a 9.

Působením povrchové síly se tedy mýdlová blána snaží zaujmout minimální plochu povrchu, což je dobře vidět například na kulovém tvaru mýdlových bublin – koule má při

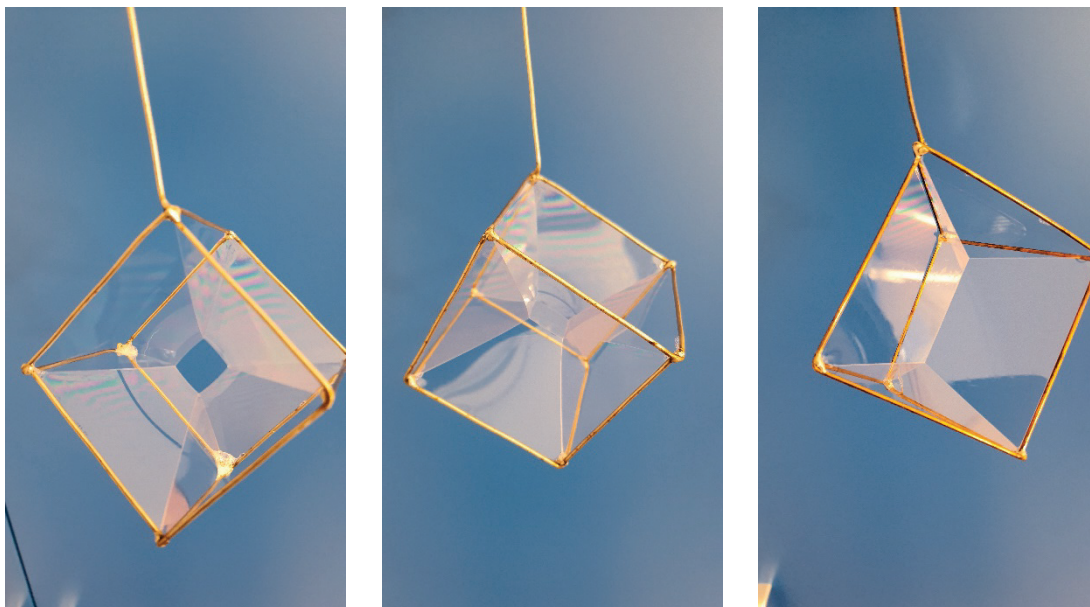
daném objemu vzduchu uzavřeného v bublině ze všech geometrických tvarů nejmenší možný povrch. Zavedeme-li povrchovou energii povrchové vrstvy jako práci potřebnou k vytvoření daného povrchu, můžeme také říct, že povrchová vrstva vždy zaujme stav s nejnižší možnou energií. Ponořením prostorových drátěných konstrukcí do mýdlového roztoku tak na těchto útvarech vzniknou zajímavé plochy, které mají nejmenší možný celkový povrch v závislosti na tvaru drátěných okrajů.



Obr. 8., 9. Působení povrchové síly na volnou nit.

Využití a technické tipy

Pokusy s tvorbou různých mýdlových ploch lze využít především jako motivační prostředek při výuce vlastností kapalin s ohledem na jejich molekulovou stavbu a jako pomůcku k pochopení zaváděných pojmů povrchové síly, povrchového napětí a povrchové energie.



Obr. 10., 11., 12. Příklady mýdlových ploch na mnohostěnech.

Pro žáky je atraktivní, když mohou sami upravovat mýdlové plochy i tím, že ve vzniklé mýdlové struktuře některé části protrhnou pomocí špejle, takže na stejné drátěné kostře

vzniknou rozdílné výsledné tvary. Aktivita může být také mezipředmětově propojena například s výtvarnou výchovou, kdy se žákům vytvořené modely stávají inspirací pro další tvorbu v oblasti designu. Jak v rámci klasických hodin tak například v rámci různých projektových a prezentačních činností mohou žáci své výtvary nafotit, sdílet na vhodném úložišti typu Padlet a vytvářet, případně porovnávat své originální galerie. Stejně dobře mohou navrhovat a vyrábět také nové originální tvary drátěných kostrů.



Obr. 13., 14., 15. Mýdlové plochy na zakulacených drátěných kostrách.

Pro výrobu drátěných kostrů se osvědčil svářecí drát o průměru 1,6 mm, případně 2 mm na pevnější konstrukce (silnější drát je ale hůře ohebný a zbytečně dražší). Dráty tohoto průměru se prodávají v železářstvích ve formě metrových drátů buď bez povrchové úpravy, nebo poměděné pro lepší ochranu proti korozi při skladování. Pájet jdou oba typy drátů dobře, jen je potřeba použít trochu jinou techniku než při pájení jemných polovodičových součástek. Drát je vhodné nejdříve dobře vytvarovat, aby se nemusel dorovnávat po spájení, což by spoje zbytečně zatěžovalo. Pro vytvoření kulatých tvarů je výhodné použít nějakou pevnou trubku, okolo které drát ohýbáme. Pájené konce je dobré přidržet u sebe nebo upnout do svěráku, aby se nehýbaly během pájení. Hrot zapnuté transformátorové nebo hrotové páječky přidržíme několik sekund na pájeném spoji, čímž se tento dostatečně prohřeje, teprve potom přidáme na hrot přiměřené množství pájky („cínu“), která se rozteče po spoji, načež hrot páječky oddálíme a spoj necháme bez pohnutí vychladnout. Při pravidelném osušování drátů po použití nám vyrobené pomůcky vydrží dlouhou dobu, pokud bychom chtěli jejich životnost zajistit lépe, můžeme je zkusit natřít běžnou barvou na kov.

Příprava vhodného roztoku není nijak náročná, dobře se osvědčila například voda s trochou jaru, na konkrétní koncentraci příliš nezáleží, stačí množství jako na umývání nádobí (např. několik mililitrů na deset litrů vody). Pro lepší výsledky můžeme do roztoku zkusit přidat trochu glycerínu. V okamžiku, kdy se nám po zamíchání vody s jarem vytvoří na povrchu velké množství pěny, je vhodné tuto odebrat rukou, nebo počkat, až se rozpustí.

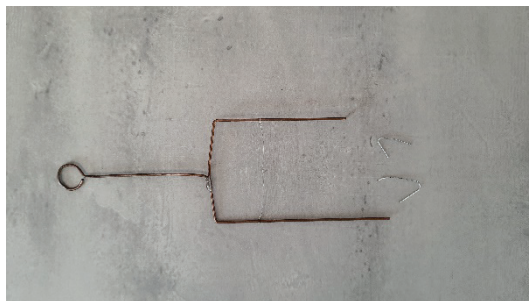
Měření povrchového napětí

Součástí výše zmiňované originální demonstrační sady pro zkoumání povrchového napětí bývaly také drátěné rámečky s volně pohyblivou mřížkou a sadou drobných závaží ve formě malých háčků.



Obr. 16. Originální rámeček pro měření povrchového napětí.

S touto pomůckou lze měřit povrchové napětí vody (případně jiných kapalin) podle metody popisované ve středoškolských učebnicích fyziky, například v [2]. Podobnou pomůcku si opět můžeme snadno vyrobit ze svářečského drátu (zde se lépe hodí silnější průměr 2 mm), jako pohyblivá příčka poslouží tenký nerezový, případně měděný drátek o průměru například 0,5 mm. Zvolená šířka rámečku (délka pohyblivé příčky) pro jarovou vodu je například 8 cm. Lze samozřejmě vyrábět i širší, nebo užší rámečky. Vhodná závaží můžeme vyrobit z kancelářských sponek, které si nejdříve zvážíme a podle toho potom nakrátíme na různé délky o požadovaných hmotnostech.



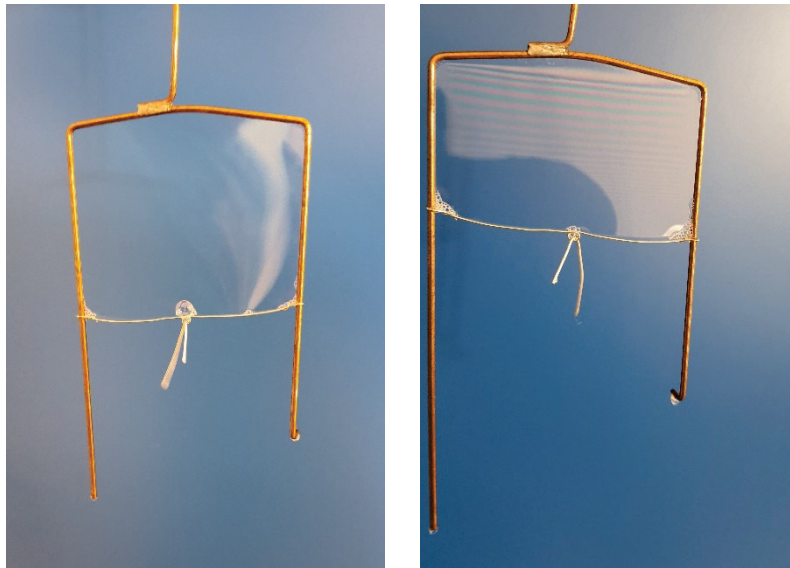
Obr. 17. Vyrobený rámeček s pohyblivou příčkou a závažími z kancelářských sponek.

Měření povrchového napětí jarové vody provedeme tak, že rámeček i s předem vybraným závažím ponoříme do roztoku a po vytažení sledujeme, zda příčka se závažím klesá dolů (potom je závaží moc těžké) nebo stoupá vzhůru, jestliže je povrchová síla větší než tíha závaží s příčkou. Pro volný pohyb příčky je někdy potřeba trochu pohnout s drátem rámečku nebo strčit do konců příčky, aby se zmenšilo tření mezi příčkou a drátem. Jakmile se nám podaří zvolit závaží, při kterém je příčka po vytažení z roztoku v rovnováze, můžeme vypočítat hodnotu povrchového napětí roztoku ze vztahu

$$\sigma = \frac{mg}{2d},$$

kde m je hmotnost pohyblivé příčky se závažím, g je velikost tíhového zrychlení a d je délka pohyblivé příčky (vzdálenost mezi dráty rámečku). Dvojnásobná délka příčky představuje okraj povrchové vrstvy, na kterou působí povrchová síla. K dosažení výsledku potřebujeme znát hmotnost pohyblivé příčky, kterou si nezapomeneme určit a

poznamenat při její výrobě. Ustříhne si delší drátek o známé délce (např. 12 cm), vytváříme očko na uchycení závaží a očka na koncích příčky pro pohyb po rámečku a přebytečné konce drátku odstříháme, přičemž si změříme jejich délku. Budeme tedy vědět, jakou délku má vytvarovaný drátek příčky a z průměru drátku a hustoty příslušného kovu vypočítáme jeho hmotnost.



Obr. 18., 19. Měření povrchového napětí pomocí vyrobeného rámečku.

Je samozřejmé, že výsledná hodnota povrchového napětí kapaliny určená touto metodou je spíše orientační (ačkoli její řádová hodnota vychází uspokojivě okolo $40\text{--}50 \text{ mN}\cdot\text{m}^{-1}$) a může být zatížena řadou nepřesností. Například ve výpočtu neuvažujeme hmotnost samotné vody v mýdlové bláně natažené na rámečku, kterou bychom měli přičíst k hmotnosti příčky a závaží. Můžeme se tedy zamyslet, zda bychom hmotnost této vody byli schopni alespoň orientačně odhadnout. Jedna z možností je využít optických vlastností tenké vrstvy.

Po vytažení rámečku z kapaliny se na povrchu po chvilce vytvoří barevné pruhy (obdobně jako na mýdlové bublině) v důsledku interference světla na tenké vrstvě. Voda ve vrstvě stéká vlivem tíhové síly dolů a tvoří tak postupně se rozšiřující klínovou vrstvu (ve skutečnosti se patrně tloušťka vrstvy nebude zvětšovat směrem dolů lineárně, ale pro první přiblížení si to tak můžeme představit).

První zelený proužek bude například znamenat, že v tomto místě interferuje při odrazu zelené světlo o vlnové délce 530 nm na vrstvě silné cca $0,1 \mu\text{m}$ (s ohledem na index lomu kapaliny). Druhý proužek znamená tloušťku vrstvy cca $0,3 \mu\text{m}$, třetí $0,5 \mu\text{m}$ a tak dále, každý další zelený proužek ukazuje zvětšení tloušťky o cca $0,2 \mu\text{m}$. Podrobněji je výpočet interference světla na tenké vrstvě objasněn například v [3]. Pokud tedy spočítáme počet viditelných proužků a odhadneme, jak se dále zvětšuje tloušťka mýdlové vrstvy, můžeme z celkového objemu a hustoty kapaliny odhadnout její hmotnost. Podle množství nabrané tekutiny může tato hmotnost činit okolo 10 % hmotnosti příčky a závaží.

Závěr

Jak bylo zmíněno výše v příspěvku, popsané pokusy s mýdlovými roztoky jsou vhodné především jako motivační aktivity při zavádění představ o vlastnostech kapalin a některých pojmů a veličin, které souvisí s povrchovou vrstvou kapalin, případně k orientačnímu měření konkrétních hodnot těchto veličin na středoškolské úrovni. Nadto ale mohou sloužit k otevření diskuze a zkoumání souvisejících problémů typu: Proč jsou mýdlové bubliny barevné a proč mají kulový tvar? V kterém místě bublina praskne při svém zániku? Proč nelze jednoduše vyrobit bubliny s čisté vody? (Hraje zde roli pouze povrchové napětí, nebo i rychlost vypařování z povrchu?) Jsme schopni změřit rozdíl povrchového napětí v závislosti na koncentraci mýdlového roztoku nebo dokonce na teplotě? V čem je nedokonalá analogie povrchové vrstvy kapaliny a blány nafukovacího balónku? (Při napínání gumové blány se potřebná síla zvětšuje jako u pružiny, při „natahování“ povrchové vrstvy kapaliny působí povrchová síla konstantní velikosti.)

Literatura

- [1] Jílek M.: *Trhání vody*. In: *Dílky Heuréky 2005*. Sborník konferencí projektu Heuréka. Ed.: L. Dvořák. Prometheus, Praha 2006. ISBN 80-7196-334-8. Dostupné online: <https://kdf.mff.cuni.cz/heureka/ke-stazeni/sborniky-dilen-heureky/sborniky/SbornikDilenHeureky2005.pdf>
- [2] Bartuška K., Svoboda E.: *Fyzika pro gymnázia Molekulová fyzika a termika*. Prometheus, Praha 2010. ISBN 978-80-7196-383-7
- [3] Lepil O., Kupka Z.: *Fyzika pro gymnázia Optika*. Prometheus, Praha 2001. ISBN 80-85849-71-2

Teplota a teplota – vybrané experimenty, jejichž interpretace může být obtížná

Petr Kácovský

Katedra didaktiky fyziky MFF UK

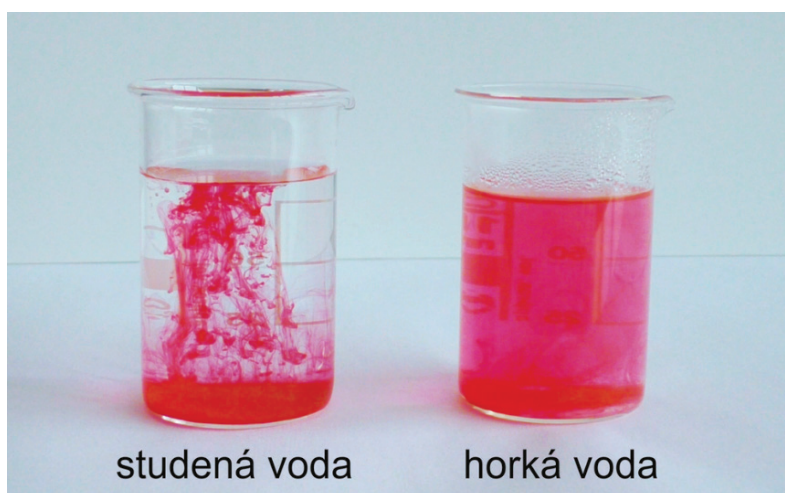
Abstrakt

Dílňa o teple a teplotě realizovaná na brněnských Dílnách Heuréky měla dvě hlavní části – v první části šlo o několik demonstračních experimentů následovaných společnou diskusí s účastníky dílny, ve druhé (kratší) části o samostatné experimentování účastníků na připravených stanovištích. Cílem tohoto příspěvku není popsat veškeré experimenty, které dílna nabízela, ale upozornit na několik z nich, které mohou být svými výsledky překvapující, případně takové, se kterými jsou spojeny jisté zavádějící představy.

Difuze v kapalinách: Opravdu ji ve škole ukazujeme?

Hned první experiment, který zde bude komentován, se poněkud vymyká názvu příspěvku – primárně v něm nejde o teplo či teplotu, ale o mikroskopický tepelný pohyb částic v látce. Zařazuji ho sem ale proto, že tento experiment se často využívá k porovnání rychlosti difuze při různých teplotách.

Difuze je jedním z prvních konceptů, se kterými se studenti seznamují při studiu molekulové fyziky. Protože molekulová fyzika je poměrně abstraktní a skoupá na jednoduché experimenty, které by bylo možné do výuky zařadit, je právě difuze jev, který má mnoho vyučujících záměr demonstrovat experimentálně. Internetové sbírky pokusů a videa na YouTube se tak „hemží“ desítkami videí (např. [1, 2]), která zachycují údajnou difuzi v kapalině – nasypání potravinářského barviva či kápnutí inkoustu do vody, porovnání rychlosti difuze (např. při louhování čaje) ve studené a teplé vodě apod. Podobnou situaci zachycuje také obr. 1.



Obr. 1. „Falešná difuze“ – červený inkoust přidáný do studené a do horké vody je s vodou promícháván dominantně prouděním. Na snímku situace 45 sekund od přidání inkoustu.

Mnoho těchto experimentů má jeden společný jmenovatel – často nedemonstrují difuzi, ale „pouhé“ proudění vody. Právě proudění, tedy přesuny makroskopických částí v rámci kapaliny, je dominantním mechanismem, který zajišťuje, že přidané barvivo v těchto experimentech postupně obarví kapalinu (typicky vodu) v celém jejím objemu. Toto proudění může vznikat různým způsobem:

1. Můžeme ho vyvolat čistě mechanickým zásahem – ať už samotným nalitím vody do nádoby, ve které experiment proběhne, nebo promícháním vody při přidání barviva (to asi nejvíce hrozí při vkládání sáčku s čajem). Tento efekt lze částečně minimalizovat, pokud budeme postupovat velmi pomalu a opatrně.
2. Pokud má přidávané barvivo vyšší hustotu než voda (např. většina inkoustů), bude od hladiny klesat ke dnu nádoby čistě vlivem výslednice tíhové a vztlakové síly. (Přesně to dělal červený inkoust použitý v experimentu na obrázku 1 – zřetelně vidíme, že má tendenci se hromadit u dna.)
3. V horké vodě vzniká proudění jejím nerovnoměrným chladnutím – tam, kde je voda v kontaktu s chladnějším okolím, tedy u hladiny, stěn a dna, je chladnutí rychlejší. Ustavuje se tak „klasická“ konvekce způsobená rozdílnými teplotami v různých částech kapaliny. Obarvování horké vody je prakticky vždy způsobeno prouděním, difuze zde obvykle „nemá šanci“.
4. Proudění ale vzniká i tehdy, pokud má kapalina pokojovou teplotu, a jeho hnacím motorem je vypařování kapaliny. Vypařování ochlazuje vrstvičku kapaliny u hladiny, která pak v důsledku své vyšší hustoty klesá ke dnu a je nahrazována teplejší vodou ze zbytku nádoby.

Varovným znakem, který signalizuje, že v experimentu dominuje proudění a nikoliv difuze, je nějaký preferovaný směr pohybu barviva – např. na obrázku 1 vlevo je vidět, že barvivo vytváří jakési „provazce“ ve vertikálním směru. Difuze je ovšem projevem chaotického pohybu částic, tedy obrazce vzniklé difuzí by měly být přísně symetrické – například pokud kápneme barvivo na hladinu, měla by obarvená oblast vytvářet postupně se rozšiřující kruh (viz například difuze hypermanganu na zrychleném videu [3]). Dalším varováním, že ve skutečnosti neukazujeme difuzi, ale proudění, je rychlost děje – průběh difuze je poměrně pomalý a v žádném případě nezpůsobí obarvení vody v běžné nádobce (kádinka, Petriho miska) v řádu desítek sekund – což se například při provádění experimentu s čajovými sáčky běžně děje.

Přímo na dílně v Brně se rozvinula bohatá diskuse, zda by nebylo možné uzpůsobit tradičně prováděné experimenty tak, aby bylo proudění minimalizováno a difuze převládla, stala se dominantním jevem. Některé myšlenky, které na místě zazněly, zněly velmi slibně – například idea provádět experiment v nízké ploché nádobě (jako ve [3]), což by mohlo omezit teplotní rozdíly v objemu vody a tím i proudění mezi hladinou a dnem. Později jsme na katedře diskutovali také možnost pokrýt hladinu vody tenkou vrstvičkou oleje, aby se minimalizoval odpar z hladiny.

Cestu, jak difuzi ve výuce skutečně uspokojivě ukázat, má smysl dál hledat, ale je prakticky jisté, že pokud necháte vodu „samovolně“ obarvit (potravinářským barvivem, tuší, inkoustem, sáčkem čaje,...), obvykle to není samovolně, ale vlivem proudění.

Bezdotykový lékařský teploměr

V uplynulé dekádě či dvou byly kapalinové teploměry v lékařství z velké části nahrazeny bezkontaktním měřením teploty infračervenými teploměry. Ceny takových teploměrů se pohybují v řádu stovek korun, a proto se s nimi mohou žáci stále častěji setkat nejen u lékaře, ale také ve vlastní domácnosti – a potenciálně i ve škole.

Na dílně jsme pracovali s infračerveným teploměrem Laica TH 1003 (jeden z mnoha komerčně dostupných modelů), který nabízí měření ve dvou módech. V módu *surface* umožňuje měřit povrchovou teplotu objektů v rozmezí 0–100 °C s přesností ± 2 °C, v módu *body* („lékařském“ módu) pracuje pouze v rozsahu 34–43 °C, ale deklarovaná přesnost je zde vyšší, $\pm 0,2$ °C. V módu *body* se předpokládá měření teploty na čele.

Situace začne být zajímavá, pokud teplotu stejného předmětu postupně změříme v obou uvedených módech – takové měření ukazuje obr. 2. Není neobvyklé, že naměřené teploty se poměrně výrazně, i o několik stupňů Celsia liší, přičemž teplota měřená v módu *body* je vyšší. V tomto režimu totiž teploměr přepočítává reálně naměřený údaj (předpokládá se, že měřený na čele) na teplotu tělesného „jádra“ (*core body temperature*), která je vyšší.

Dalším efektem, který měření zkresluje, je zřejmě (výrobce o tom mlčí) různé nastavení emisivity. V režimu *surface* teploměr (stejně jako běžné termokamery) pracuje s defaultní hodnotou emisivity $\varepsilon = 0,95$ typickou pro matné povrchy, zatímco v režimu *body* je nastavení teploměru pravděpodobně přizpůsobeno emisivitě kůže, která je běžně vyšší, přibližně $\varepsilon = 0,98$ [4]. Tím ovšem překvapivé výsledky zmíněné v předcházejícím odstavci nevysvětlíme – uvedený rozdíl v emisivitách by totiž měl způsobovat, že teplota měřená v režimu *body* bude o něco nižší než v režimu *surface*. Výsledky dopadají opačně, tedy tento vliv nemůže být rozhodující.

V obou výše komentovaných měřeních jsme přitom dodržovali jeden z důležitých pokynů výrobce – měřit teplotu z malé vzdálenosti, konkrétně 1–5 cm. Pokud bychom prováděli měření z jiných, větších vzdáleností (např. 1 metr), získáme mírně odlišné hodnoty teploty. Vzduch nacházející se mezi detektorem a měřeným objektem částečně absorbuje záření objektu, což vede k tomu, že s rostoucí vzdáleností má měřená teplota tendenci směřovat k pokojové teplotě – horké povrchy jsou s rostoucí vzdáleností vyhodnocovány jako chladnější, než je realita [5], chladné povrchy zase jako teplejší. Zmenšuje se také počet pixelů vyhodnocujících měřený objekt a roste vliv pixelů okolních [6].



Obr. 2. Měření téhož povrchu – lidské ruky – bezkontaktním teploměrem (několik sekund po sobě, ze stejné vzdálenosti). Vlevo teploměr v režimu *surface*, vpravo v režimu *body*.

Měrná tepelná kapacita oleje a vody

Měrná tepelná kapacita je jednou ze základních tepelných konstant, se kterými se žáci na základní i střední škole seznamují. Protože popisuje, jak „ochotně“ zvyšuje látka svoji teplotu při dodávání tepla, nabízí se ilustrovat rozdílné měrné tepelné kapacity experimentálně – látka s nižší měrnou tepelnou kapacitou by se měla zahřívat rychleji než látka s vyšší měrnou tepelnou kapacitou (pokud budou mít obě látky stejnou hmotnost a budeme je zahřívat stejným výkonem).

Budeme-li hledat dvě látky s dostatečně rozdílnou měrnou tepelnou kapacitou, jejichž teplotu lze snadno měřit, napadnou nás určitě různé kapaliny – mezi těmi, které se běžně vyskytují ve škole, např. voda, olej a líh. Zahřívání lihu je ovšem poněkud problematické – kromě toho, že to není nic příjemného pro nos, jsou páry lihu dráždivé a „ve velkém“ do školní třídy nepatří. Vhodnou dvojicí pro experiment je tedy porovnání vody a např. slunečnicového oleje.

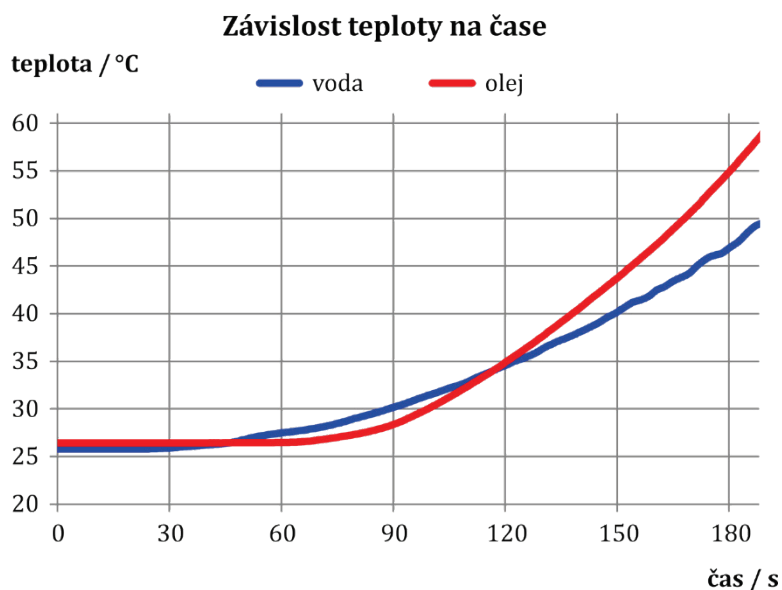
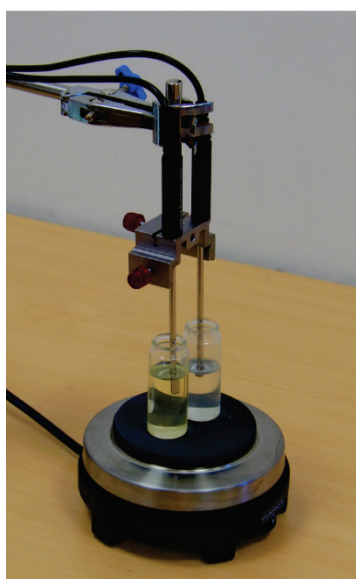
Obr. 3 vlevo ukazuje, jak může být experiment uspořádán. Stejnou hmotnost (nikoliv objem) oleje a vody jsme nalili do dvou nádobek a ty postavili na plotnu vařiče symetricky kolem jejího středu – tedy tak, aby byly obě nádoby zahřívány zhruba stejným výkonem. Do obou kapalin jsme zavedli teplotní čidla Vernier, jejichž špička měří teplotu vždy zhruba v polovině výšky nádoby.

Po zapnutí vařiče očekáváme, že teplota oleje (s měrnou tepelnou kapacitou přibližně $2000 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$) poroste zhruba dvakrát rychleji než teplota vody (s měrnou tepelnou kapacitou asi $4200 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$). Naměřená data (obr. 3 vpravo) ale ukazují, že tak jednoduchá situace není – v první části měření se totiž voda zahřívala evidentně rychleji než olej, a opakovaným měřením snadno zjistíme, že nejde o náhodný jev. V úvodu každého měření se začne voda ohřívat rychleji a teprve později ji olej „předhoní“; zjevně tedy jde o projev určité fyzikální zákonitosti.

V tomto případě jde o to, jak ochotně probíhá v zahřívané kapalině konvekce (proudění), což úzce souvisí s její viskozitou. Zatímco voda má nižší viskozitu a proudí poměrně snadno, velmi viskózní olej cirkuluje mnohem pomaleji. Při ohřevu zespoda tak trvá delší dobu, než se ohřátý olej dostane k čidlu, což se v získaných datech projeví tak, jako by se olej zpočátku měření prakticky nezahříval (...což je v místě, kde měří teploměr, pravda).

Výše uvedené vysvětlení lze experimentálně snadno prokázat, pokud teploměry zasuneme až ke dnu nádobek – při takovém uspořádání pokusu se vliv cirkulace kapaliny na měřené teploty výrazně zmenší a prakticky od počátku měření se rychleji zvyšuje teplota oleje. Podobný vliv má také míchání oleje a vody, které zajišťuje podobnou dynamiku cirkulace v obou kapalinách.

Pokus je ještě detailněji popsán na stránce [7], odkud je také převzat obrazový materiál pro obr. 3.



Obr. 3. Vlevo: uspořádání experimentu. Vpravo: výsledky měření.

Další experimenty

Dva další experimenty zde zmíníme jen velmi stručně s tím, že odkážeme na zdroje, kde jsou detailněji popsány.

Tepelná kapacita teploměru: Jde o experiment, ve kterém zaznamenáváme růst teploty vody ohřívané v rychlovarné konvici současně dvěma teploměry. Oba teploměry měří teplotu prakticky ve stejném místě kapaliny, jeden má ale tepelnou kapacitu výrazně větší než druhý. Pokus je detailně popsán v [8].

Skupenské teplo varu vody: Jde o experiment, ve kterém lze alespoň kvalitativně ukázat, že během varu vody se její teplota nemění. Idea spočívá v tom, že na špičku termočláňkového teploměru „nabereme“ kapku vody a vložíme ji do plamene svíčky nebo plynového kahanu. Pokus je detailně popsán v [9].

Poděkování

Závěrem bych rád poděkoval Leoši Dvořákovi, Jiřímu Kvapilovi, Janu Veselému a dalším účastníkům dílny, kteří se na dílně (případně i po ní) zapojili do inspirativních diskusí nad některými experimenty, zejména v případě difuze.

Literatura

- [1] *Pokusy z fyziky*. [cit. 13. 11. 2023]. Dostupné online: <http://pokusy.upol.cz/skolni-pokusy/molekulova-fyzika-a-termika/kineticka-teorie-latek/difuze-kapalin-59/>
- [2] *Vzdělávací portál ČEZ Svět energie: Víím proč*. [cit. 13. 11. 2023]. Dostupné online: <https://www.svetenergie.cz/cz/vim-proc/video/2130>
- [3] *YouTube*. [cit. 20. 11. 2023]. Dostupné online: <https://www.youtube.com/shorts/55CPfc9ij48>

- [4] Bernard V., Staffa E., Mornstein V., Bourek A.: *Infrared camera assessment of skin surface temperature – Effect of emisivity*. Physica Medica 29, No 6 (2013), p. 583–591.
- [5] Minkina W., Klecha D.: *Atmospheric transmission coefficient modelling in the infrared for thermovision measurements*. Journal of Sensors and Sensor Systems 5, No 1 (2016), p. 17–23.
- [6] *Teledyne FLIR: Understanding Distance:Size Ratio*. [cit. 7. 12. 2023]. Dostupné online: <https://www.flir.eu/discover/professional-tools/understanding-distancesize-ratio/>
- [7] *Sbírka fyzikálních pokusů*. [cit. 16. 11. 2023]. Dostupné online: <http://fyzikalnipokusy.cz/1675/porovnani-merne-tepelne-kapacity-oleje-a-vody>
- [8] *Sbírka fyzikálních pokusů*. [cit. 16. 11. 2023]. Dostupné online: <http://fyzikalnipokusy.cz/2335/tepelna-kapacita-teplomeru>
- [9] *Vybavení pro výuku přírodovědných oborů Vernier*. [cit. 18. 11. 2023]. Dostupné online: <https://www.vernier.cz/stahnout/kucharka/kod/vyvoj-teploty-pri-vareni-vody>

Jednoduché experimenty pro každého

Zdeňka Kielbusová

KMT, FPE, ZČU v PLZNI

Abstrakt

V rámci dílen byly prezentovány jednoduché experimenty pro malé i velké. Experimenty lze zařadit do výuky na všech stupních škol. Velká část jednoduchých experimentů je věnována mechanice a tvoří ji různé typy kráčejících hraček, které v nejjednodušší verzi (kráčející zvíře) můžeme zařadit do aktivit pro MŠ. Složitější verze kráčejících hraček, najdou využití na druhé stupni základních škol. Další experimenty jsou z oblasti molekulové fyziky a optiky.

Kráčející hračky

Kráčející hračky jsou velmi staré. První doložený patent na kráčející hračku slona pochází z roku 1873. Tato hračka se stala velmi oblíbenou a po slonovi následovaly další varianty od klokanů, ptáčků, draků až po roboty. Princip těchto hraček je založen na působení gravitace, změny potenciální energie a setrvačnosti pohybu hračky.

Konstrukce hraček je nejčastěji řešena dvěma způsoby.

1. Hračky mají dvě kyvadlové nohy, které se pohybují dopředu a dozadu podle náklonu těla.
2. Hračky mají jednu nohu pevně spojenou s tělem a druhou nohu uloženou v kloubu, pohybují se dopředu a dozadu podle náklonu těla a reagují tak na sklon nakloněné roviny.

Obě konstrukční řešení mají stejně řešená zakončení nohou. Ta mají zaoblený tvar, aby hračka mohla reagovat na změnu polohy těžiště hračky. To musí být umístěno tak, aby hračka byla stabilní, ale zároveň reagovala na sklon nakloněné roviny, což znamená, že musí být umístěno poblíž, ovšem nikoli přesně ve středu hračky.

Jak se hračka pohybuje? Pokud hračku umístíme na vrchol nakloněné roviny, začne její těžiště reagovat na sklon roviny tím, že se posune směrem dolů. Pohyb nohy nebo nohou v důsledku změny těžiště způsobuje, že se hračka se kolíbá směrem vpřed. Tím se změní délka a poloha nohou, které se dotýkají rampy. Jakmile se nohy dotknou předního nebo zadního dorazu, hračka se odráží od nakloněné roviny a posune se opět vpřed. Tento cyklus se opakuje, dokud je hračka na nakloněné rovině.

V rámci dílen bylo možné si vyrobit následující kráčející hračky z papíru:

Jednoduché kráčející zvíře (kůň)



Obr. 1. Kráčející zvířata

Pomůcky:

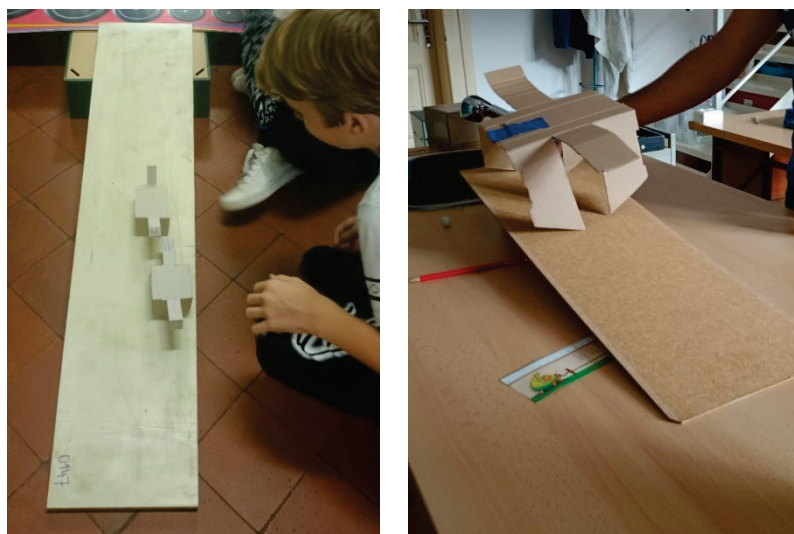
Tvrdší karton, nůžky, pravítko, tužka, pastelky

Postup:

Na tvrdší karton si pomocí pravítka a tužky narýsujeme základní tvar (obr. 2) a následně vystříhneme po obvodu a nastříhneme okrajové části směrem ke středu. Tyto části následně ohneme. Je velmi důležité dodržet poměry stran, aby celá hračka byla souměrná podle středu. Nezapomeneme sestříhnout nohy, aby hračka mohla kráčet.



Obr. 2. Základní šablona na kráčející zvířata



Obr. 3. Ukázky různých velikostí

Tipy:

Kráčející hračky jsou velmi citlivé na sklon nakloněné roviny. Pokud Vám hračka nekráčí, zkuste sklon změnit.

Kráčející slon

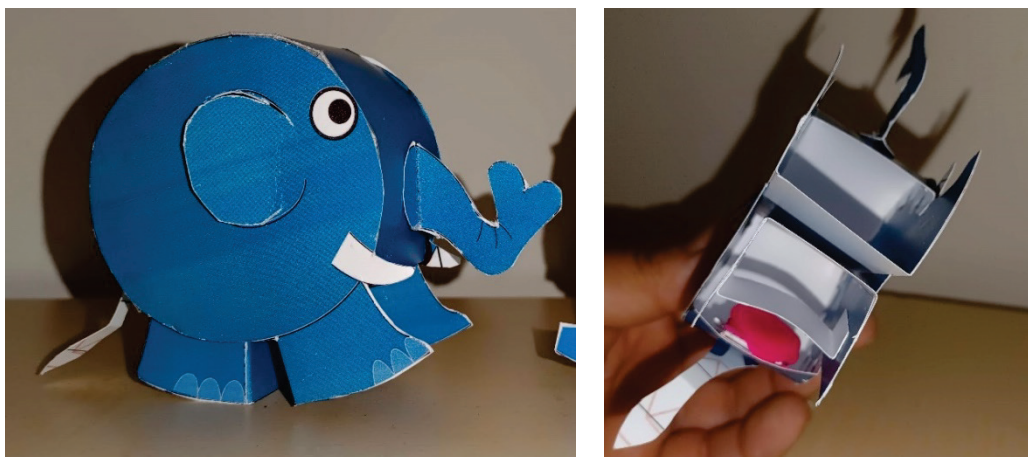
Další z kráčejících papírových hraček je slon

Pomůcky:

Vytištěná šablona, nůžky, lepidlo, kousek modelíny na doladění těžiště

Postup:

Slona vystříhneme a slepíme podle návodu (<https://www.creativecenter.brother/en-gb/home/home-category/paper-crafts-origami/do-it-yourself-projects/walking-elephant>). V návodu je uvedeno, abychom k vyvážení slona použili kousek vlepeného papíru, ale více se osvědčil kousek modelíny, umístěný viz obrázek 4. Tato vystřihovánka je velmi hezká, ale časově relativně náročná.



Obr. 4. Kráčející slon a umístění modelíny

Tipy:

Existují i varianty s klokanem a stegosaurom (<https://www.creativecenter.brother/en-gb/home/home-category/paper-crafts-origami/do-it-yourself-projects/walking-dinosaur>), tyto jsou však náročnější na složení, a ne tak spolehlivé.

Chodící slepice

Pomůcky:

Velký list papíru A3, malé kousky barevného papíru, lepidlo

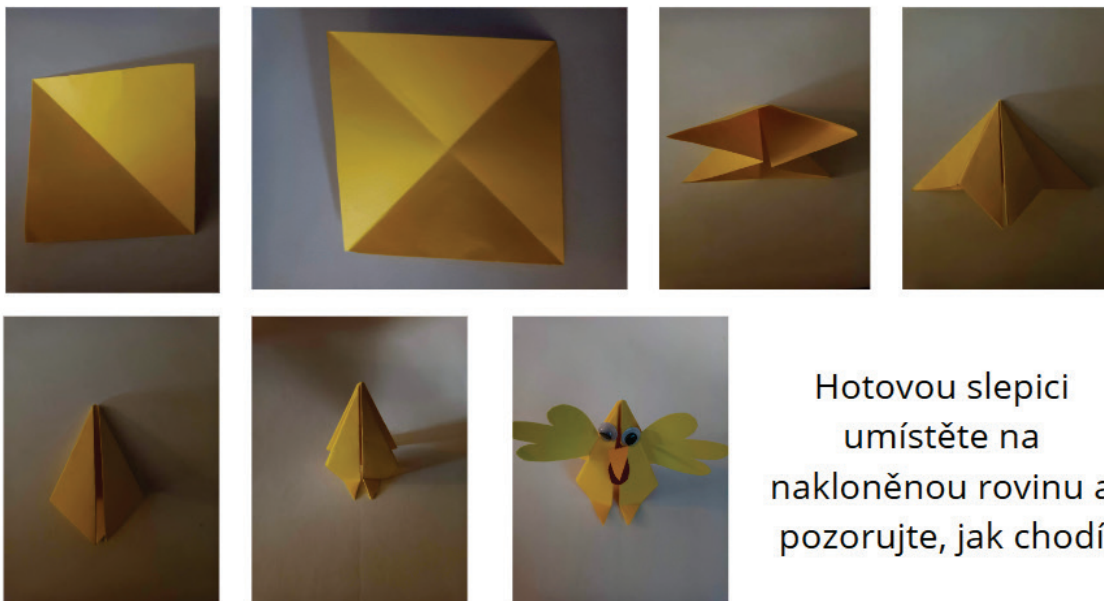
Postup:

Při skládání slepice postupujeme dle níže uvedeného obrázkového postupu.

Tipy:

Pozor na předposlední krok obrázkového postupu. Jedná se o ohnutí rohů, všechny čtyři musejí být ohnuty stejně. Pokud slepice nechce chodit, více ji rozevřete ve spodní části.

Chodící slepice



Hotovou slepici
umístěte na
nakloněnou rovinu a
pozorujte, jak chodí

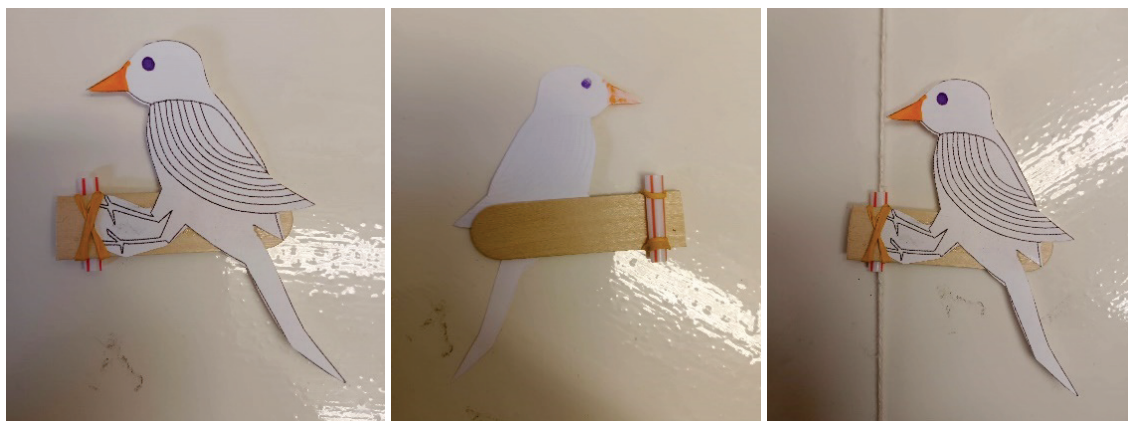
Obr. 5. Chodící slepice

Jednoduché hračky

Klovající ptáček

Pomůcky:

Polovina dřevěné špachtle, kousek papírového brčka, malá gumička, obrázek ptáčka, širší a dlouhá guma, nůžky



Obr. 6 Klovající ptáček (datel)

Postup:

Na polovinu špachtle přilepíme obrázek ptáčka. Pomocí malé gumičky uchytneme kousek papírového brčka k polovině špachtle tak, aby byl kolmo k délce špachtle. Přestříhneme dlouhou gumu a protáhneme si kousek papírového brčka. Vertikálně umístíme gumu s ptáčkem, natáhneme ji a sledujeme, jak klovající ptáček klesá po gumě dolů.

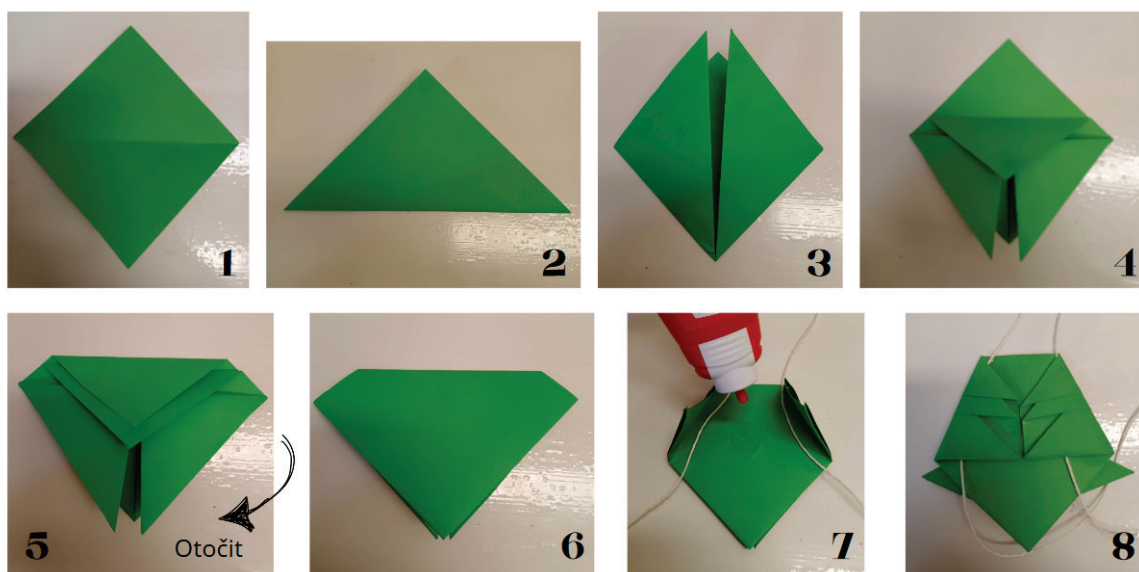
Lezoucí cikáda

Pomůcky:

120 cm potravinářského provázku, lepidlo, barevný papír A4, nalepovací oči

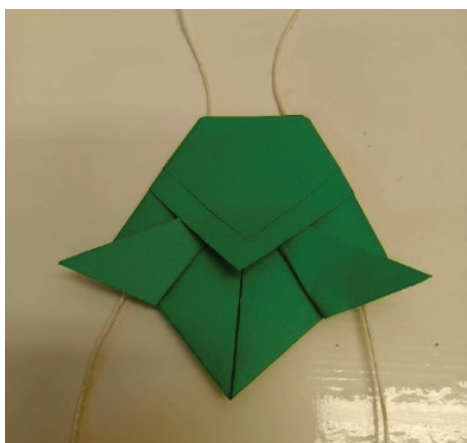
Postup:

Origami lezoucí cikádu vyrobíme ideálně z barevného kancelářského papíru. Postup skládání je patrný z fotografického návodu níže. *Provázek musí být volně, pokud by provázek příliš drhnul, můžeme do ohybů (obr. 7 ve fotografickém návodu) umístit kousek brčka, kterým následně protáhneme provázek.*



Obr. 7. Jednotlivé kroky k lezoucí cikádě

Horní část provázku zahákneme za nějaký pevný bod a střídavým šikmým taháním za levý a pravý provázek sledujeme, jak cikáda leze po provázku nahoru.



Obr. 8. Hotová cikáda s ohnutými krovkami.

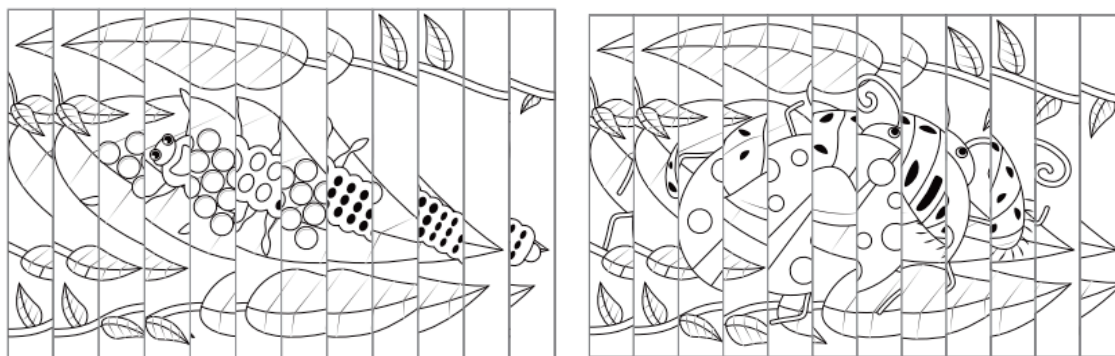
Agamografy

Pomůcky:

Pastelky, připravené šablony agamografů, dětské nůžky, pravítko

Provedení:

Pokud si chceme vytvořit vlastní agamograf, tak budeme potřebovat dva samostatné obrázky, které rozstříháme na stejně široké proužky a následně je střídavě nalepíme na čistý list papíru. Následně vzniklý obrázek poskládáme jako harmoniku. Výsledkem je umělecké dílo, které se zdá měnit při pohledu z různých úhlů. Pokud pracujeme s malými dětmi, můžeme použít předpřipravené šablony agamografů (viz odkaz níže). S dětmi šablony vybarvíme a následně za pomoci pravítka a vodících čar poskládáme harmoniku.



Obr. 9. Ukázka šablon na téma životní cyklus berušky

Agamografy jsou uměleckou formou, která využívá optické iluze k změně obrazu viditelného v uměleckém díle v závislosti na úhlu pozorovatele. Agamografy jsou pojmenovány po izraelském umělci Yaacovu Agamovi, který byl průkopníkem v tvorbě těchto optických iluzí. Jeho díla jsou plná dynamiky a proměnlivosti, což je pro tuto formu charakteristické.

Odkaz na šablonu hotového agamografu:

Easy peasy and fun [online]. [cit. 2023-05-20]. Dostupné z:

<https://www.easypeasyandfun.com/printable-butterfly-life-cycle-agamograph-template/>

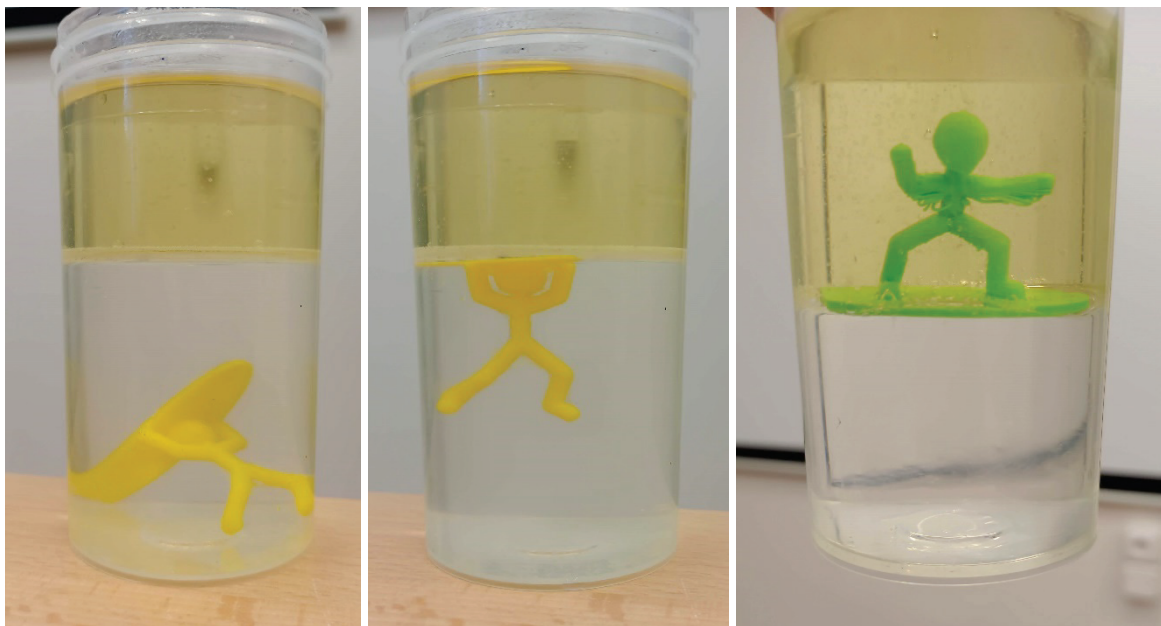
3D tisk

Několik jednoduchých pomůcek, které vznikly pomocí 3D tisku

Surfař na rozhraní

Pomůcky:

Malí surfaři, dvě stejné sklenice, voda, olej.



Obr. 10. Surfaři na rozhraní

Postup:

Do sklenic nalijeme vodu a olej. Surfaře opatrně umístíme na rozhraní mezi vodu a olej. Tento malý surfař je schopen surfovat na rozhraní vody a oleje, přestože je vyroben z PLA, které má větší hustotu než olej i voda. Olej má nižší povrchové napětí a smáčí PLA silněji než voda. Díky tomu vztlak oleje drží kousek zvednutý na hladině.

Odkaz na 3D tisk:

<https://www.thingiverse.com/thing:890076>

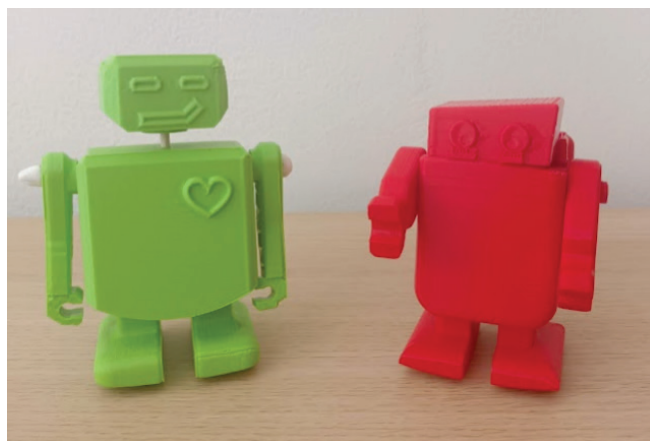
Chodící roboti

Pomůcky:

Roboti, nakloněná rovina

Postup:

Umístíme robota na vrchol nakloněné roviny a sledujeme, jak pomalu kráčí po nakloněné rovině dolů.



Obr. 11. Chodící 3D roboti

Odkaz na 3D tisk:

1. <https://www.printables.com/model/3521-wobbly-the-slope-walking-automaton>
2. <https://www.printables.com/model/537693-wobbly-rebuild>

Literatura

- [1] KIELBUSOVÁ, Zdeňka. Kráčím, kráčíš, kráčí. In: Veletrh nápadů učitelů fyziky 28. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2023, s. 124-128. ISBN 978-80-7694-037-6.

(Kinder)vajíčko

Květa Kolářová a Lenka Kramářová

ZŠ Buzulucká, Teplice; Gymnázium Vídeňská, Brno

Abstrakt

Jste příznivci pochoutky s názvem Kinder Surprise (popř. jejích napodobenin)? Nebo už vás otravují "psi" oči dětí a jejich škemrání, že jim ve sbírce ještě chybí ta a ta postavička? Ať tak či tak, pojďme se pro tentokrát nechat zlákat i fyzikou a pojďme se podívat, co všechno se s touto věcíčkou dá dělat, když se dostane do rukou (ne)povolaných...

Není vajíčko jako (Kinder)vajíčko

Blížily se Velikonoce, dělat další pokusy s vařenými vejci nám přišlo stále stejné, trklo nás spojení Kindervajíčko,... a nápad byl na světě. Začaly jsme přemýšlet, co by šlo s vajíčkem udělat, a přišly jsme záhy na to, že nás napadají experimenty na libovolnou část tohoto dětského pokladu. Že je tu spousta materiálu, který přímo volá po nějakém fyzikálním využití.

Pustily jsme se tedy do vymýšlení pokusů, které by šly zrealizovat pomocí materiálu z Kinder Surprise (nebo aspoň z jeho náhražek). Výsledek posuďte sami. Přinášíme vám „ochutnávku“ z mnoha možností. Jistě vás další pokusy napadnou, stejně jako napadaly účastníky našich workshopů.

A tohle je několik nápadů od obalu až do samotného nitra vajíčka:

Elektroskop



Zařazení: Elektrostatika

Popis: Snad nejjednodušší model elektroskopu. Potřebujeme pouze prázdnou plechovku, kousek alobalu, papírový kapesník, polystyren a brčko. Proužek alobalu ohneme přes hranu plechovky, postavené na polystyrenové destičce. Brčko zelektrujeme tak, že jej třeme papírovým kapesníkem. Pak již stačí jen přiblížit jej k alobalovému proužku nebo plechovku nabít dotykem brčka.

Padání těles



Zařazení: Odpor prostředí, mechanika

Popis: Jednoduchá pomůcka ukazující, jak tvar tělesa ovlivní rychlost pádu například ve vzduchu. Pokusů lze udělat několik, např. nejprve necháme padat obě misky ze stejné výšky vedle sebe. Pokus opakujeme s tím, že jednu misku nejprve zmuchláme do kuličky. Také lze zkoumat, jak misky padají, pustíme-li je tak, aby padaly nad sebou (sledujeme, jak při pádu horní miska dohoní spodní misku).

Faradayova klec



Zařazení: Elektrostatika

Popis: Princip důmyslného zařízení vysvětlený pomocí cedníků a kuličky alobalu. Z alobalu vytvarujeme pokud možno hladkou kuličku (lze také alobalem obalit například míček na stolní tenis) a umístíme ji nejprve pod plastový cedník. Přiblížíme se zeledrovaným brčkem. Sledujeme, jak se kulička k brčku přitahuje. Pokus opakujeme s kovovým cedníkem. V tomto případě kulička na zeledrované brčko nereaguje.

Homopolární motor



Zařazení: Elektromagnetismus

Popis: Nejjednodušší model motoru. Tento je sestavený z tužkové baterie, neodymového magnetu a kousku alobalu. Z alobalu lze srolovat tenký drátek a různě jej vytvarovat. Je však nutné, aby se jedna část alobalu dotýkala kladného pólu baterie a druhý konec aby se dotýkal neodymového magnetu, umístěného na záporném pólu baterie (viz obrázek).

Difrakce na čokoládě



Zařazení: Optika

Popis: I pomocí čokolády můžeme rozložit světlo. Podrobný popis na výrobu barevné čokolády viz [1].

Termistor



Zařazení: Polovodiče

Popis: Kalibrace termistoru a následné měření teploty rozpuštěné čokolády. Podrobný návod na tuto laboratorní úlohu viz [2].

Zvukové pexeso



Zařazení: Akustika

Popis: Obaly naplníme vždy po dvojicích různými náplněmi. Lze použít například cukr, luštěniny, špendlíky, matičky. Úkolem je pomocí poslechu najít stejně znějící dvojice.

Matematické kyvadlo



Zařazení: Mechanické kmitání

Popis: Na čem závisí kmitání kyvadla? Na délce závěsu? Na hmotnosti? Jednoduše ověříme pomůckou vyrobenou z plastového obalu. Obal přivážeme na pevnou nit, jejíž délku lze měnit, a do něj vkládáme různý počet matiček, šroubků nebo třeba kroužků na klíče.

Lodička a kotva



Zařazení: Archimedův zákon

Popis: Co se stane s loďkou, když má kotvu na palubě a když je kotva ve vodě? Lodička je vyrobená z plastového obalu, kotva z matiček (popř. z korálků). Pak už jen sledujeme změnu chování lodičky, pokud má kotvu naloženou a pokud ji má vhozenou do vody.

Poslušné a neposlušné vajíčko



Zařazení: Těžiště tělesa

Popis: Pomůcka názorně ukazuje, jak chování tělesa můžeme ovlivnit pohyblivým či nepohyblivým těžištěm. V jednom obalu je vlepen kamínek nebo závažíčko, do druhého je vsypán písek nebo jiná sypká látka. Obal s kamínkem se po vychýlení vždy vrací zpět do svislé polohy. Obal se sypkou látkou zůstává i v nakloněné poloze.

Padáček



Zařazení: Mechanika

Popis: Přistávací modul vytvořený z plastového obalu vajíčka a kousku mikrotenového sáčku. Plastový obal naplníme nějakou zátěží a přivážeme k němu padáček, který je vytvořen z mikrotenového sáčku.

Levitace



Zařazení: Optika

Popis: Optický klam fungující na základě lomu světla v různých prostředích. Sklenici naplníme čirými gelovými kuličkami, jež jsme nechali několik hodin nabobtnat v čisté vodě. Mezi kuličky umístíme figurku a vše zalijeme vodou. Skleničku uzavřeme. Figurka vypadá, jako by ve skleničce levitovala.

Sněžítko



Zařazení: Viskozita kapalin

Popis: “Domácí” podoba oblíbených těžítek. Stačí vhodná lahvička s dobře těsnícím víčkem, třpytky, voda a nějaká malá figurka z Kindervajíčka. Figurku připevníme tavnou pistolí na vnitřní část víčka. Do lahvičky nalijeme čistou vodu a nasypeme třpytky. Lahvičku zašroubujeme a postavíme dnem vzhůru.

Sběratelská vášeň



Zařazení: Optika

Popis: Jak si s minimálními náklady zvětšit počet figurek z Kindervajíčka? Stačí dvě zrcátka, která postavíme svisle tak, aby se dotýkala jednou hranou. Zrcátka mohou svírat různé úhly. Mezi zrcátka vložíme figurku z Kindervajíčka a pozorujeme, kolikrát figurku vidíme.

Námořníci



Zařazení: Mechanika tekutin

Popis: Figurky z Kindervajíčka mohou doplnit ledacos, například se z nich mohou stát námořníci. Lodičky na obrázku jsou vyrobeny z pěnové „žížaly“ na plavání, stěžen je ze špejle a plachta z pěnového papíru.

Origami



Zařazení: Mechanika

Popis: I papír se dá využít. Což takhle z něj poskládat nějaké zvířátko, které může posloužit třeba na pochodování... řešíme trajektorii, tření, rychlost, ... Na obrázku je z papírového návodu složena lodička a skákací žabka. Návod na obojí lze snadno najít na internetu.

Závěr

Co dodat na závěr? Snad jen to, že zde publikované pokusy jsou skutečně jen inspirací. Sami je určitě rozšíříte o mnoho dalších. Však již na samotném workshopu padaly z řad vás, účastníků, další nápady. A tak to za nás má být – inspirovat se navzájem...

Literatura

- [1] Elixír do škol [cit. 14. 11. 2023]. Dostupné online: <https://elixir-do-skol-lc-decin.webnode.cz/l/leden-2023-duhovy-svet/>
- [2] Fyzikální šuplík [cit. 14. 11. 2023]. Dostupné online: https://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/skolnipomucky/lp_termistor.pdf

Poznámka editora: Příspěvek byl publikován ve sborníku z konference *Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky 10* (viz [1]). Sem byl se souhlasem editora původního sborníku převzat v upravené a doplněné podobě.

Formativní přístup v hodinách fyziky

Věra Koudelková

KDF MFF UK, ZŠ gen. Fr. Fajtla

Abstrakt

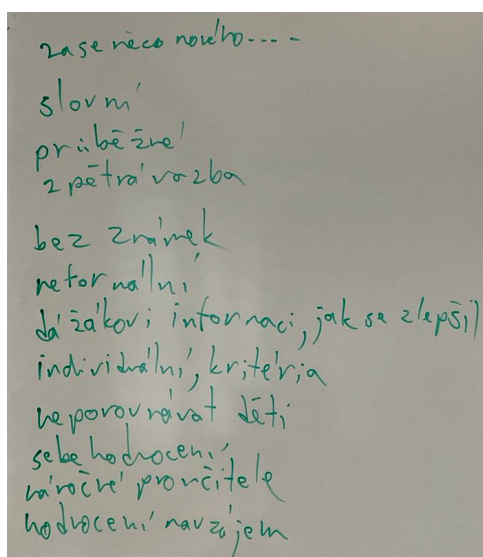
Příspěvek popisuje konkrétní aktivity formativního přístupu ve výuce fyziky. Aktivity jsou rozděleny do pěti částí: 1) Rozumím tomu?, 2) Žák si vybírá, 3) Práce s kritérii, 4) Umím to, co umět mám? 5) Sebehodnocení při testu.

Úvod

Formativní přístup/formativní hodnocení/responzivní výuka/hodnocení pro učení jsou pojmy, které se v poslední době často skloňují. Cílem tohoto příspěvku je ukázat konkrétní aktivity ve výuce fyziky, které vedou k zodpovědnosti žáka za vlastní učení a lze je tedy považovat za formativní. Současně je cílem příspěvku vyvrátit některé časté mýty, které se o formativním přístupu tradují.

Formativní × sumativní

Častou představou je, že se formativní a sumativní přístup vzájemně vylučuje. Současně je často vnímáno formativní hodnocení jako slovní a sumativní jako známka. Toto potvrzuje i seznam odpovědí skupiny učitelů na otázku, co se jim vybaví, když se řekne formativní hodnocení/formativní přístup (viz obr. 1).



Obr. 1. Asociace skupiny učitelů na téma formativní hodnocení/formativní přístup.

Podle mého názoru je tato představa nesprávná – např. typické slovní hodnocení na vysvědčení bude mít spíš charakter sumativního hodnocení. Pojmy formativní a sumativní dle mého pohledu spíš odkazují na to „kdy a proč“ je hodnocení prováděno, naopak pojmy slovní hodnocení a známka mluví o použitých metodách hodnocení. Tj. v průběhu učení dává smysl použít formativní hodnocení, z kterého žák zjistí, kde na učební cestě je. Naopak po ukončení učení ve fázi ověřování je podle mého názoru v pořádku sumativně ohodnotit, zda žák požadovanou látku zvládl.

Konkrétní aktivity ve výuce fyziky

Následující ukázky různých aktivit jsou použité z mé vlastní výuky – uvádím vždy téma a ročník, do kterého byla aktivita zařazena, za jakým účelem a samozřejmě i její popis.

Rozumím tomu?

Cílem této skupiny aktivit je nechat žáky samostatně posoudit, zda a jak dobře rozumí danému tématu. Aktivity současně poskytují zpětnou vazbu i učitel, který jednoduše zjistí, jak moc si žáci v daném tématu věří.

V rámci výuky Newtonových zákonů žáci pracovali s Bublinovými úlohami, jejichž autorem je Eva Hejnová (viz [2]). Každý žák nejdříve samostatně vyplnil první dva sloupce v pracovním listu (viz obr. 2), poté o každé z úloh diskutovali žáci ve skupinách a na závěr jsme o správném řešení diskutovali v rámci celé třídy.

Pro učitele je v rámci aktivity důležitý druhý vyplňovaný sloupec – z barev snadno zjistí, jak si je v které úloze třída jistá, které téma je pro žáky tedy nejasné.

Newtonovy zákony v několika situacích					
Postupně uvidíš sedm situací. V každé z nich je nejdřív popsána situace a pak se k ní několik lidí vyjadřuje. Rozmysli si, kdo z nich má pravdu. Do druhého sloupce označ, jak si jsi jistý/á svou odpovědí:					
Jsem si jistý/á: ■					
Tak napůl: ■					
Vůbec: ■					
Situace	Můj názor	Jak jistý/á si jsi?	Názor skupiny	Správné řešení	Zdůvodnění
Sněžný skútr					
Motorkář 2					
Skateboard					
Raketa					
Siloměry					
Odstrkování					
Přetahování					

Obr. 2. Pracovní list k bublinovým úlohám.

Podobně se dá připravit aktivita i na další konceptuálně náročnější témata (nabízí se např. Archimédův zákon a další).

Žák si vybírá

Častým problémem v heterogenní třídě je různá rychlost práce žáků – tam, kde někteří mají problém se základním výpočtem, jiní jsou rychle hotoví a pak se nudí. Vhodným řešením jsou proto úlohy různé náročnosti. Žák si buď může vybrat úlohy vhodné úrovně, nebo náročnost úloh postupně roste a je na žákovi, kam až se v práci dostane. Takto lze zpracovat libovolné téma, kde chceme, aby žáci trénovali výpočty, gradovat může i pracovní list týkající se práce s grafem apod. Příklady konkrétních materiálů pro žáky jsou k dispozici na disku (viz [3]).

Gradovat lze i experiment. V rámci výuky elektrických obvodů často zařazujeme jako jednu z aktivit nakreslení schématu reálného obvodu – v tom případě lze žákům sestavit několik obvodů různé náročnosti a seřadit je od nejjednoduššího po nejtěžší. Se žáky lze potom reflektovat i jejich výběr prvního obvodu apod.

V rámci výuky magnetismu se nám osvědčila i možnost volby činnosti – žák si vybírá z několika stanovišť, čemu se chce věnovat (výroba kompasu, zkoumání „divných“ magnetů, čtení o historii magnetismu,...). Každému žákovi vyhovuje něco jiného a tohle je jedna z mála příležitostí, kdy si svou činnost ve škole může vybrat.

Práce s kritérii

Jako vhodná aktivita pro trénink správného výpočtu a zápisu fyzikální úlohy se osvědčilo nechat žáky opravit všechny chyby v několika úlohách na dané téma. Žáci obvykle pracují ve skupinách, jednotlivé skupiny potom v rámci diskuze v celé třídě popíší nalezené chyby v dané úloze. Na základně této diskuze žáci formulují kritéria správně vyřešené úlohy. Ukázka úloh na téma výpočet hustoty je na obr. 3.

Jaký objem má kostka z mědi o hmotnosti 0,4 kg?

$\rho = 8960 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
 $M = 0,4 \text{ kg} = 400 \text{ g}$
 $V = ?$

$V = \frac{M}{\rho}$
 $V = \frac{400}{8960} = 0,0446 \text{ cm}^3$

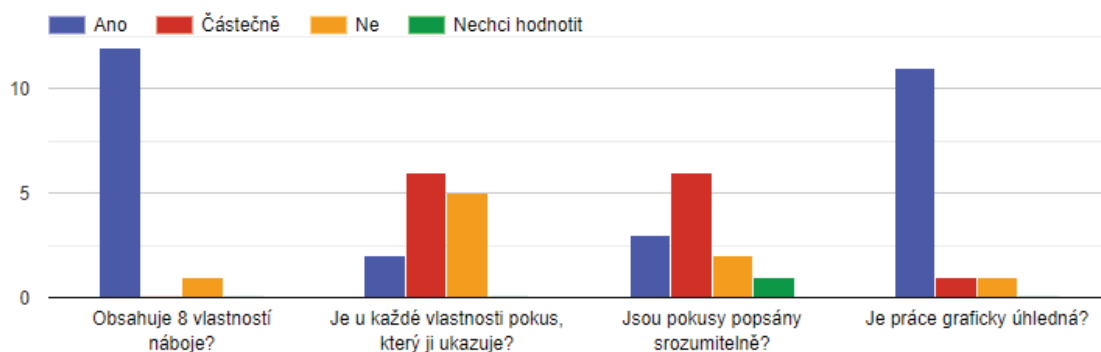
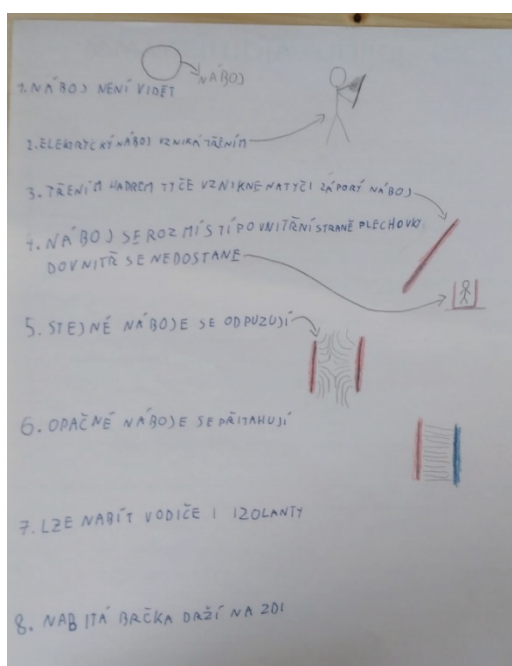
Do kelímku nalijeme 400 ml ethanolu (lihu). Jakou bude mít hmotnost?

$V = 400$
 $\rho = 7890$
 $m =$

$m = 400 \cdot 7890$
 $m = 3156000$

Obr. 3. Vyřešené úlohy, ve kterých žáci hledají chyby.

Časově náročnější aktivitu zařazují na konec tématu elektrostatika v 6. třídě. Žáci nejdříve společně zformulují vlastnosti náboje, s kterými se během výuky seznámili. Poté dostanou za úkol si z vlastností vybrat osm a ke každé z nich nakreslit nebo popsat experiment, kterým tuto vlastnost ukáží. Společně ve skupině zformulují kritéria splnění práce (např. – stručně – práce obsahuje 8 vlastností, u každé vlastnosti je experiment, experimenty jsou srozumitelné, práce je graficky úhledná). Po odevzdání práce jsou požádáni, aby několik prací ohodnotili z hlediska splnění kritérií. Je zcela nezbytné, aby hodnocené práce byly anonymní a žádný žák nehodnotil svou práci. Z toho důvodu používám práci jiné skupiny žáků (starších ročníků, paralelní třídy, apod.). Hodnocení probíhá přes Google formulář, společně potom vzniklé grafy hodnocení rozebereme. Na základě této diskuze dostane každý žák za úkol stejně ohodnotit svou odevzdanou práci, čímž se učí pracovat s kritérii a sebehodnotit svou práci. Na obr. 4 je ukázka jedné práce a k ní odpovídající hodnocení skupiny.



Obr. 4. Ukázka žákovské práce z elektrostatiky a k ní odpovídající hodnocení spolužáků.

Podobně lze pracovat i např. s hodnocením laboratorních protokolů – žáci si nejdříve formulují, jak má protokol vypadat a jaké části má obsahovat. Po jejich napsání ohodnotí jiné protokoly (osvědčily se mi protokoly na stejné téma s „typickými“ chybami) a posléze

Do tabulky si ke každému bodu barevným puntíkem vyznač, zda **umíš odpovědět bez problémů**, **tak napůl** nebo **vůbec netušíš**. Potom si vezmi sešit a zkus v něm odpovědi najít – zbyly ti ještě nějaké modré nebo červené puntíky? Pokud **potřebuješ**, k tučným bodům jsou k dispozici úlohy na procvičení.

	Bez sešitu	Se sešitem	Poznámka
Perioda, frekvence, amplituda: • Jak spolu souvisí perioda a frekvence? • Jak je zjistím z grafu? • Jak je zjistím z reálného pohybu kyvadla/závaží na pružině?			
Vlnění: • Jak vypadá podélné a příčné vlnění? • Co to je vlnová délka?			
Zdroje zvuku: • Co je (obecně) zdrojem zvuku? • Jak se liší tón a hluk?			
Šíření zvuku: • Jak se počítá rychlost zvuku? • Jak se zvuk šíří v různých prostředích?			

Obr. 6. Ukázka pracovního listu na opakování akustiky.

Podobně lze připravit opakování po prázdninách, na začátku školního roku, apod. Na obr. 7. je ukázka opakování na začátku 7. třídy, kde žáci hodnotili pravdivost jednotlivých tvrzení.

	v / x	lehká střední těžká	názor skupiny	zdůvodnění / oprava
Každý magnet má dva póly.				
Závaží o hmotnosti 200 g na siloměru ukáže 2 N.				
Vosk hoří v pevném skupenství.				
Kov je špatný vodič.				
Jsou tři druhy elektrického náboje.				
Okolo magnetu je magnetické pole.				

Obr. 7. Opakování 6. třídy

Sebehodnocení v testu

V rámci zadávání testu často žáky žádám, aby ohodnotili, jak jim to šlo – někdy dělají smajlíky ke každé otázce podle toho, jak si myslí, že jim šla, jindy obodují každou otázku podle toho, na kolik (ze známého maximálního počtu bodů) bodů si v ní věří, případně mohou nakreslit smajlíka, s jakou náladou test dostávají (před vypracováním), odevzdávají (po vypracování) a dostávají zpátky (po opravení). Vyplatí se je požádat i o informaci, zda (a případně jak dlouho) se na test připravovali.

Tyto značky mi slouží k reflexi po opravení testu – se žáky diskutuji, kde se se svými body trefili, jestli jejich smajlík odpovídá tomu, jak jsou spokojeni se známkou apod. Současně je nechávám se zamyslet a zformulovat, co by pro příště mohli udělat jinak, aby byli po testu spokojenější, kde se zbytečně podceňují apod. Pokud mají na testu informaci o délce přípravy, lze je nechat reflektovat i korelaci mezi ní a výslednou známkou.

Závěr

Výše uvedené aktivity mohou sloužit jako inspirace, jak pracovat se žáky, aby více převzali zodpovědnost za vlastní učení. Nejedná se samozřejmě o výčet všech možných aktivit. Další aktivity do výuky fyziky popsala I. Dvořáková v článku [4], inspirovat se lze i jinde.

Všechny pracovní listy a další materiály popsané v tomto článku jsou k dispozici na disku [3]. Tam je k dispozici i prezentace z dílny.

Pokud některou z aktivit vyzkoušíte, budu ráda, pokud mi dáte vědět vaše zkušenosti.

Literatura

- [1] Koudelková, V. Formativní přístup v hodinách fyziky. In: KÉHAR, Ota, ed. Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky 10. Jak se za 20 let změnila výuka fyziky? Sborník z konference [online]. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2023. ISBN 978-80-261-1159-7. Dostupné z:
https://kof.zcu.cz/ak/trendy/10/sbor/ModerniTrendy10_sbornik.pdf, s. 109-114
- [2] Hejnová, E. Materiály pro učitele. Cit 8.5.2023. Dostupné z:
http://physics.ujep.cz/~ehejnova/Pro_ucitele/index4.html
- [3] Koudelková, V. Formativní přístup. Cit. 6.12.2023. Dostupné z:
https://drive.google.com/drive/folders/1-4ISGqH1p6lIDezYkJV-_R6H5ciHLEdW?usp=drive_link
- [4] Dvořáková, I. Formativní hodnocení – inspirace knížkou. In: Holubová R. et al.: Sborník příspěvků z mezinárodní konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 22. Univerzita Palackého v Olomouci, 2017. ISBN 978-80-244-5226-5.
Dostupné z: http://exfyz.upol.cz/vnuf22/pdf/vnuf22_sbornik.pdf, str. 87-94

Špachtlová fyzika

Čestmír Krejčí

Gymnázium a jazyková škola Břeclav

Abstrakt

Vzpomínáte si na ten okamžik, kdy se vám lékař díval do krku a přitom do úst vložil lékařskou lopatku – špachtlí? Napadlo by vás tehdy, že tento 15 cm kus hladkého dřívka se dá využít ve školní výuce a lze z něj vyrobit řada zajímavých pomůcek třeba do fyziky? Tvořivá dílna umožnila účastníkům vyrobit si z dřevěných špachtlí různé jednoduché fyzikální pomůcky, hudební nástroje, pomůcky do laboratorních prací na zkoumání přeměn energie či těžiště tělesa. Společně jsme si vyzkoušeli ze špachtlí vytvořit pevné stavební konstrukce či působivou explozivní špachtlovou bombu!

Úvod

Nebarvené dřevěné lékařské lopatky (ústní špachtle, špachtle do krku) jsou vyrobeny z čistě opracovaného, jemně hlazeného dřeva. Běžně jsou dostupné v lékárnách nebo v prodejnách zdravotnických potřeb. Prodávají se obvykle v baleních po 50, 100, případně 200 kusech jako nesterilní zdravotnický materiál. Jsou určeny k jednorázovému použití, především k inspekci ústní dutiny, léčebným aplikacím nebo k přípravě dalších materiálů jako jsou například masti. Rozměr lékařských lopatek je 150 mm × 17 mm × 1,6 mm. Barevné špachtle jsou k dostání v papírnictví a v prodejnách s výtvarnými potřebami. Jsou obarvené technikou moření a jsou vhodné k výrobě názorných pomůcek, kde je důležité zdůraznit například postup výroby. K dostání jsou běžně v balíčcích po 50 kusech, kde je obvykle namixováno 6 barev, tím se množství špachtlí od jedné barvy může poněkud lišit.

Tento materiál obsahuje základní inspiraci a návody na velmi jednoduché pomůcky a experimenty ze špachtlí, které si mohou děti ve škole nebo doma vyrábět. Výhodou špachtlí je jejich dostupnost a nízká cena. Při výrobě pomůcek se vždy snažím využívat a tím pádem vhodně recyklovat nejrozličnější odpad: PET lahve s víčky (i s kroužky, které po nich na láhvi zůstávají), staré propisky, špejle, dokonce i malé zbytky brček. Kromě výroby pomůcek se dají špachtle použít i k jiným vzdělávacím účelům.

Pokud budeme na internetu hledat inspiraci k výrobkům z dřevěných špachtlí, použijeme anglické názvy: popsicle sticks nebo tongue depressors.

Jednoduché výpočty se špachtlemi

Pomůcky: sada špachtlí, pravítko.

Příklady námětů pro badatelské úkoly a odhady:

1. Kolik stojí jedna špachtle v různých druzích balení?
2. Jak dlouhou řadu vytvoří špachtle v balení seřazené za sebou?
3. Jak tlustá je jedna špachtle?
4. Jakou plochu (objem) má celé balení špachtlí?

5. Odhadni, jakou hmotnost má jedna špachtle?
6. Jakou hmotnost má celé balení?
7. Jaká je hustota dřeva, ze které jsou špachtle? O které dřevo se jedná?
8. Měření reakční doby člověka při pádu špachtle. Špachtli jedna z osob drží v ruce svisle dolů a její dolní konec je přitom umístěn mezi rozevřeným palcem a ukazovákem druhé osoby. Špachtle je pak neočekávaně uvolněna a padá svisle dolů, přitom ji druhá osoba chytá sevřením svého palce a ukazováku.
9. Špachtle jako páka – rovnováha na páce.



Obr. 1. Různá balení dřevěných špachtlí. [1] [2]

Losovací špachtle k formativnímu hodnocení

Pomůcky: sada špachtlí v papírové krabičce, lihový fix.

Postup:

Na špachtle napíšeme lihovým fixem čísla od 1 do 32 (podle počtu žáků ve třídě). Číslo na špachtli udává například pořadí žáka ve třídním výkazu.

Použití ve výuce:

Při procvičování učiva nebo při pokládání otázek často zjišťuji, že pokládám otázky stále stejným žákům. A co ti zbývající žáci? Ví nebo neví odpověď? Nebo se jen nechtějí přihlásit? Přemýšleli vůbec nad položenou otázkou? Mnohem častěji, než si myslíme, žáci otázku neposlouchají nebo ji ani neslyšeli! Proto používám losovací špachtle k pokládání otázek žákům a vyvolávání těch, kteří na ně odpoví. Postupujeme následovně: Nejdříve položíme otázku, potom počkáme „nekonečných“ 10 sekund a vylosujeme ze špachtlí žáka, který má odpovědět. Odpověď „nevím“ neuznáváme – nabízíme další nápovědu, další možnosti, vyvoláváme další žáky a nabízíme i jejich odpovědi tomu, kdo odpověď nezná. Důležité upozornění: vylosovanou špachtli pak vrátíme zpátky do osudí. Špachtle samozřejmě využívám i k rychlému rozdělení žáků ve třídě do pracovních skupin.



Obr. 2. Losovací špachtle.

Špachtlová káča

Pomůcky: 2 špachtle, pravítko, špejle nebo stará náplň do propisky, vrtačka, gumička, případně lepidlo Herkules.

Postup:

Pravítkem zjistíme středy špachtlí a v nich pak provrtáme vrtačkou otvor pro špejli. Špachtle můžeme slepit do kříže lepidlem nebo spojit gumičkou. Do připraveného otvoru vsuneme špejli vhodného průměru nebo starou náplň do propisky. Špachtlovou káču roztočíme prsty na hladké podložce.

Vysvětlení:

Káča je velmi jednoduchou pomůckou na demonstraci rozlišení posuvných a rotačních pohybů, kde můžeme pozorovat typickou vlastnost setrvačnicků – „zachování směru osy rotace v prostoru“. To umožňuje káči rotaci na hrotu, aniž by spadla. Použitím barevných špachtlí nebo jejich pomalováním, můžeme navíc pozorovat zajímavé míchání barev.



Obr. 3. Špachtlová káča.

Špachtvidlo

Pomůcky: 3 špachtle, 3 gumičky.

Postup:

Trojicí gumiček provlékneme dvě rovnoběžně položené špachtle. Třetí špachtli provlékneme skrz gumičky a jejím kroucením gumičky zamotáme. Vytvořené špachtvidlo položíme na stůl a z rukou uvolníme.

Vysvětlení:

Vykonáním práce při zamotávání gumičky, uložíme do špachtvidla potenciální energii pružnosti. Po jeho uvolnění z rukou na stole, začne špachtvidlo poskakovat a rychle rotovat nad stolem. Dochází k přeměnám uložené energie do dalších forem energie, kterými jsou potenciální tíhová, kinetická energie posuvného a otáčivého pohybu. Pohyb špachtvidla mohou žáci zpomalit natáčet mobilem a pak si prohlížet tu nejzajímavější zaznamenanou pohybovou kreaci. Můžeme přitom také zkoumat například vliv počátečního počtu natočení gumičky nebo vliv počáteční pozice umístění prostřední špachtle.



Obr. 4. Příprava špachtovidla a výsledek jeho rotace.

Špachtlový katapult

Pomůcky: několik špachtlí a gumiček, plastové víčko, tavná pistole.

Postup:

Na konec jedné špachtle tavnou pistolí přilepíme plastové víčko z PET lahve. Asi 5 špachtlí spojíme na obou koncích gumičkami do bloku. Pod blok špachtlí vložíme další špachtli, kterou provázeme gumičkami s blokem a špachtlí s víčkem. Na plastové víčko umístíme vhodný náboj (např. bonbón), katapult natáhneme přes blok špachtlí a projektil vystřelíme.

Vysvětlení:

Při natáhnutí pružné špachtle katapultu s nábojem se vynaložená práce uloží do potenciální energie pružnosti. Po výstřelu můžeme sledovat trajektorii pohybu náboje a diskutovat situace spojené s šikmým vrhem.



Obr. 5. Špachtlový katapult.

Špachtlová čarínga

Dřevěný nástroj zvaný čarínga (hlas duchů, mluvící dřevo), sloužil australským kmenům k dorozumívání na dlouhé vzdálenosti. Známy je například z filmu Krokodýl Dundee.

Pomůcky: dřevěná špachtle, vrtačka, provázek (asi 60 cm), tavná pistole (lepidlo), 2 stejná plastová víčka z PET lahve (případně 2 stejné kousky korku).

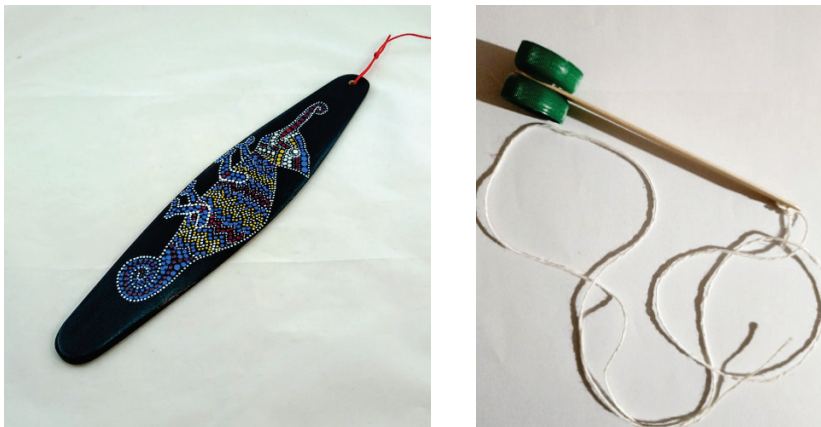
Postup:

Do dřevěné špachtle vyvrtáme vrtačkou asi 1 cm od okraje doprostřed otvor, ke kterému přivážeme provázek. Na opačnou stranu špachtle přilepíme tavnou pistolí proti sobě dvě připravená stejná víčka z PET lahve, která špachtli jednak zatíží, ale umožňují vzniknout

zajímavým zvukům. Čaringu rozeznáme roztočením rukou za provázek nad hlavou nebo podél těla. Pokud se hned nerozezná, můžeme ji začít otáčet opačným směrem.

Vysvětlení:

Při otáčení dřevěná špachtle překonává odpor vzduchu, třením se rozkmitá a začne vydávat zvuk (svištění, bzučení, vrčení). Pro různé zvukové efekty lze přidat na bocích čaringy zářezy. Čím rychleji dřevem otáčíme, tím vyšší tón slyšíme. Pokud budeme najednou ve více lidech točit různými čaringami (udržíme bezpečnou vzdálenost mezi hráči), uslyšíme, že každá vyrobená čaringa má trochu jiný zvuk a dohromady skládají zvláštní melodii.



Obr. 6. Vlevo prodávaná, vpravo vyrobená čaringa.

Špachtlové kazoo

Kazoo je dechový hudební nástroj, který vydává prostřednictvím vibrací vhodné membrány specifický „bzučivý“ zvuk.

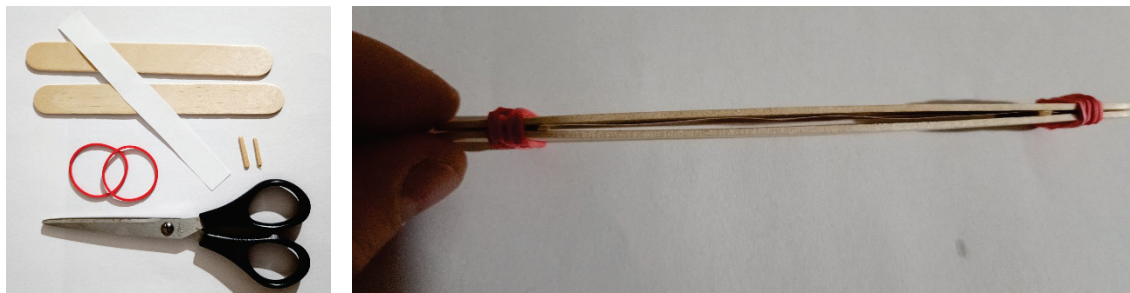
Pomůcky: 2 špachtle, proužek papíru, 2 malé gumičky, párátko, nůžky.

Postup:

Z papíru vystříháme obdélníkový proužek o takové velikosti, aby se vešel mezi 2 špachtle, a vložíme jej mezi špachtle. Na jednom konci obě špachtle svážeme gumičkou a vložíme mezi špachtle kousek párátko. Kousek párátko vložíme mezi 2 špachtle i na jejich druhém konci a opět špachtle svážeme gumičkou. Umístění párátek na obou koncích špachtlí je libovolné. Mohou být umístěna obě z jedné strany papíru nebo každé z jiné strany papíru. Místo párátek můžeme papírový proužek přichytit provléknutím gumičky mezi špachtlemi. Kazoo uprostřed sevřeme rty, držíme za konce špachtlí a foukáme do něj. Přílišným zvlhčením papírku slinami přestává kazoo hrát.

Vysvětlení:

Charakteristický bzučivý zvuk kazoo vzniká rozvibrováním papírové membrány proudem vzduchu a následným smícháním se s tónem muzikantova hlasu.



Obr. 7. Pomůcky na výrobu kazoo a vyrobené špachtlové kazoo.

Panáček těžištěček

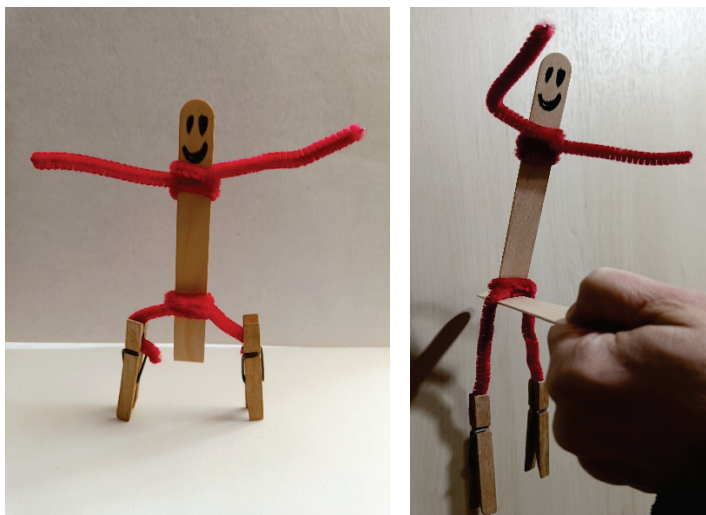
Pomůcky: 2 špachtle, 2 kolíčky na prádlo, 2 ohebné chlupaté drátky, odlamovací nůž, fixy.

Postup:

Odlamovacím nožem odřežeme spodní zaoblenou část špachtle, aby byla rovná. Stačí přitom z jedné a pak z opačné strany špachtle naznačit nožem na špachtli řez. Špachtle se potom podle připraveného řezu snadno láme. Na špachtli si namalujeme fixem hlavičku panáčka. Z jednoho ohebného chlupatého drátku vytvoříme jeho namotáním na špachtli ručičky panáčka. Z dalšího drátku vytváříme nožičky panáčka, které namotáním připevníme k dolní části špachtle. Na konce tohoto drátku upevníme dřevěné kolíčky na prádlo. Panáčka postavíme na kolíčky tak, aby bezpečně stál na stole. Tvarováním drátků vytváříme další polohy panáčka. Těžším úkolem je panáčka bezpečně umístit na špachtli, kterou držíme v ruce, a ovládat jeho pohyb na držené špachtli.

Vysvětlení:

Stabilita panáčka závisí na poloze jeho těžiště. Přidáme-li na nohy jako zátěž kolíčky na prádlo, těžiště se posune za zátěží až pod podpěrný bod. Panáček bude pak ve stabilní poloze.



Obr. 8. Panáček těžištěček vlevo pózující na stole, vpravo vyvážený na další špachtli.

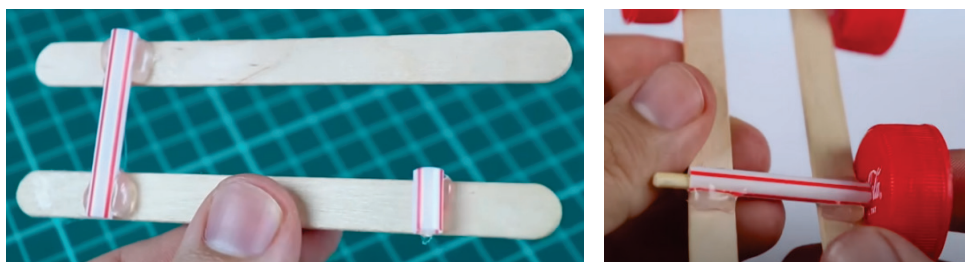
Špachtlové autíčko

Pomůcky: 3 špachtle, špejle, 3 gumičky, 4 stejná plastová víčka, vrtačka, tavná pistole, nůžky, brčko.

Postup výroby:

Podvozek autíčka vytvoříme ze dvou rovnoběžných špachtlí, na které tavnou pistolí přilepíme z brčka nápravy pro špejle s koly.

Vrtačkou provrtáme víčka pro špejli, přilepíme tavnou pistolí a protáhneme připraveným brčkem v nápravě.



Obr. 9. Výroba podvozku autíčka.

Na špejli jedné nápravy přilepíme tavnou pistolí kousek špejle jako zarážku pro upevnění gumičky. Na druhou nápravu upevníme gumičku. Na plastová víčka, tvořící jednu dvojici kol, navlékneme pro zvýšení tření gumičkové pneumatiky. Gumičku namotáme na nápravu se zarážkou, auto položíme na podložku a pustíme.



Obr. 10. Upevnění gumiček na autíčko.

Vysvětlení:

Potenciální energie pružnosti natočené gumičky se při pohybu mění v kinetickou energii autíčka. S autíčkem můžeme například zkoumat trajektorii a dráhu pohybu, druhy pohybů, vliv tření na jeho pohyb nebo přeměny energií.

Špachtlová pistolka

Pomůcky: 3 špachtle, odlamovací nůž, pravítko, gumičky.

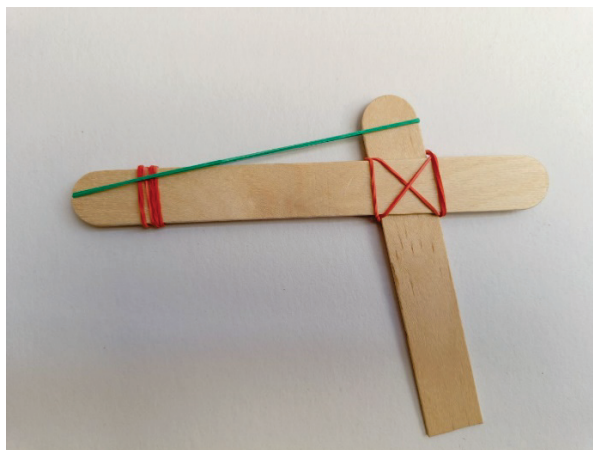
Postup výroby:

Z jedné špachtle odlamovacím nožem podle pravítka odřízneme asi 11 cm dlouhou část – rukojeť pistolky. Rukojeť vložíme doprostřed mezi 2 špachtle a provážeme gumičkami. Hlaveň pistolky svážeme gumičkou a na její konec uděláme nožem zárez pro upevnění náboje – gumičky. Napneme gumičku – pistolku uchopíme za rukojeť prsty ruky, palcem

ruky tlačíme dolů na konec hlavně. Tímto dojde ke zvednutí hlavně a upevněná gumička sklouzne po zahnuté horní části rukojeti.

Vysvětlení:

Princip pistolky je založen na třecí síle, která umožňuje, aby gumička zůstala natažená. Změnou sklonu rukojeti a hlavně dojde ke snížení třecí síly a gumička vystřelí. Potenciální energie pružnosti natažené gumičky se přemění v kinetickou energii jejího pohybu.



Obr. 11. Špachtlová pistolka.

Krátké špachtlové mosty

Pomůcky: 3 dřevěné špachtle, 3 stejné sklenice, sklenice s vodou.

Postup:

Rozestavíme 3 sklenice do trojúhelníku tak, aby vzdálenost mezi nimi byla vždy větší, než je délka dřevěné špachtle. Úkolem je vytvořit na sklenicích pouze pomocí 3 špachtlí jejich pevné propojení tak, aby na vzniklé přemostění bylo možné položit například další sklenici s vodou.

Vysvětlení:

Špachtli vždy položíme jedním koncem na sklenici. Druhé konce špachtlí vzájemně proložíme skrz sebe. Vznikne pevné spojení, na které bezpečně můžeme umístit další sklenici. Po zvládnutí mostu mezi třemi sklenicemi mohou žáci propojovat špachtlovými mosty s více špachtlemi 4 nebo více skleniček. Skleničky jsou přitom rozestavěny do kruhu, v jehož středu nesmí být další (podpěrná) sklenice.



Obr. 12. Krátký špachtlový most.

Leonardův špachtlový most

Leonardo da Vinci navrhl mnoho konstrukčně zajímavých mostů. Samonosný most navrhl z vojenských důvodů roku 1483 pro milánského vévodu Ludoviga da Sforzu. Most se dá totiž rychle a snadno postavit, rychle rozebrat, nejsou potřeba žádné hřebíky ani provazy. Tvoří jej soustava prken spojených silami tření. Překonává vodní tok větší šířky, než je délka jednotlivých prken.

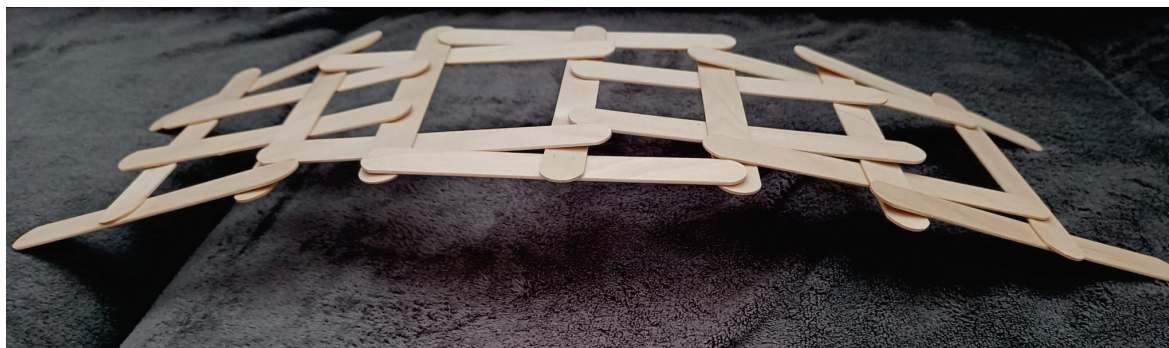
Pomůcky: balíček špachtlí.

Postup:

Pomocí špachtlí postavíme podle obrázku na lavici Leonardův most.

Vysvětlení:

Stavba Leonardova mostu je založena na třecí síle, která drží jednotlivé komponenty v konstrukci. U hladkých špachtlí však není úplně jednoduché větší most postavit, špachtle totiž snadno z konstrukce vyklouzávají. Pro stavbu skutečně velkých mostů doporučuji použít dřevěné bukové lamelky. Jsou určené k podpalování dřeva v topeništi, prodávají se v baleních po 5 kg [3]. Lamelky jsou částečně opracované a mají pro stavbu mostu vhodnější rozměry: délku 26 cm, šířku cca 1,6 cm.



Obr. 13. Špachtlový Leonardův most.

Špachtlová vrtule

Pomůcky: PET lahev 0,5 litru s víčkem, silná hranatá špízová špejle, provázek, 2 špachtle, vrtačka, kahan, pravítko, lepidlo Herkules, kleště a hřebík.

Postup:

Nejprve pravítkem naměříme středy obou špachtlí a vrtačkou v nich vyvrtáme otvory. Otvory ve špachtlích provlékneme hranatou špízovou špejli, špachtle natočíme k sobě kolmo do kříže a slepíme je lepidlem. Vrtačkou vyvrtáme díru pro špízovou špejli v plastovém víčku láhve a také uprostřed dna láhve.

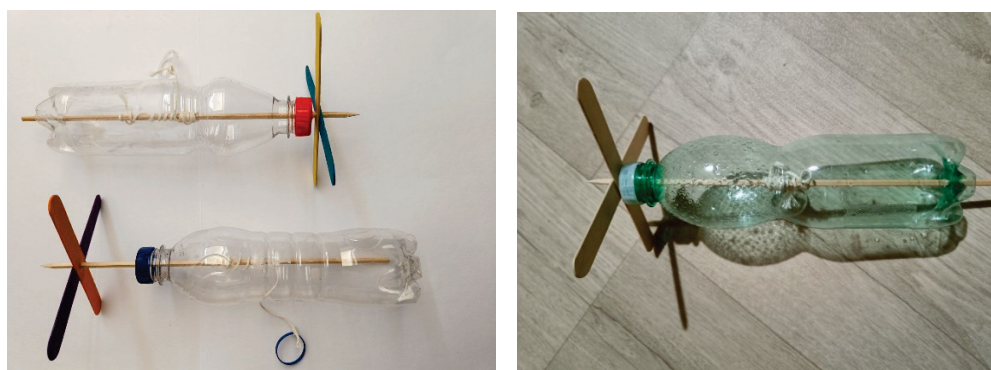


Obr. 14. Postup výroby špachtlové vrtule.

Nahřátým hřebíkem protavíme někde uprostřed pláště láhve díрку pro provázek z boku láhve. Špejli s vrtulkou protáhneme víčkem, otvorem z boku láhve do ní vsuneme provázek, který přivážeme uprostřed špejle, aby pak byl co nejbližší k otvoru. Provázek namotáme na špejli a na jeho konec přivážeme plastový kroužek z víčka PET lahve.

Vysvětlení:

Zatáhnutím kroužku za provázek dojde k roztočení špejle s vrtulkou. Přitom kroužek v ruce povolíme. Pokud je tření špejle v otvorech láhve malé, dojde setrvačností k namotání provázku na špejli v obráceném směru. Dalším střídavým zatáhnutím a povolením ruky dochází k periodickému roztáčení vrtulky. Přeměňujeme posuvný pohyb ruky na otáčivý pohyb vrtule. Pokud si vrtulku vytvoříme ze dvou špachtlí různých barev, může při rychlém roztočení docházet k zajímavému skládání jejich barev.



Obr. 15. Špachtlové vrtule.

Špachtlové Ninja star

Pomůcky: sada barevných špachtlí.

Postup:

Podle obrázků skládáme Ninja star různých tvarů. Po jejich odhození z ruky explodují při kontaktu s okolím.

Vysvětlení:

Špachtle jsou velmi pružné, jejich vzájemným propletením je v nich uložena potenciální energie pružnosti.



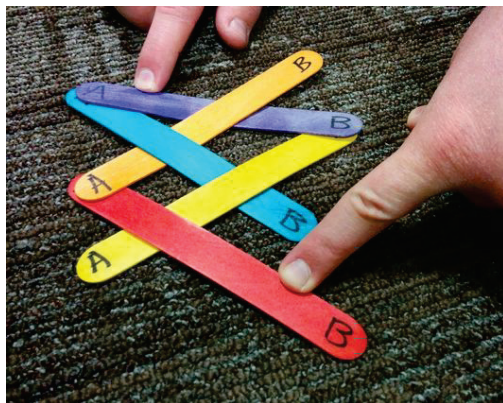
Obr. 16. Špachtlové Ninja star.

Stick Bomb – bomba ze špachtlí

Pomůcky: sada 100 a více špachtlí.

Postup:

Z prohnutých špachtlí lze vytvářet různé důmyslně propletené mřížky, které drží pohromadě silami pružnosti. Stavbu začneme skládat na hladkém stole nebo na podlaze podle návodu na obrázku. Začátek stavby bude bezpečně sám držet, postupně přidáváme další špachtle a průběžně kontrolujeme jejich umístění. Po dokončení špachtlové bomby však stačí poslední drženou špachtli uvolnit a celá konstrukce se bleskurychle rozpadne – doslova exploduje. Explozi špachtlové bomby se vyplatí zaznamenávat v režimu slow motion mobilem a následně prohlížet.



Obr. 17. Zahájení skládání špachtlové bomby.

Vysvětlení:

Efektní exploze špachtlové bomby může například usnadnit pochopení vzniku a průběhu neřízené řetězové štěpné reakce. Potenciální energii pružnosti prohnutých špachtlí můžeme přirovnat k energii skryté v uranových jádrech a vytržení špachtle simuluje rozštěpení prvního jádra uranu pomalým neutronem. Letící špachtle představují fragmenty štěpení, jejichž kinetická energie vznikla z části uvolněné jaderné energie. V jaderném reaktoru se pak kinetická energie fragmentů mění na teplo využívané k výrobě páry pro pohon turbíny.



Obr. 18. Špachtlová bomba.

Literatura

- [1] Dřevěné špachtle barevné 1,8x15 cm. Dostupné online:
<https://www.stoklasa.cz/drevene-spachtle-barevne-1-8x15-cm-x142704>
- [2] Dřevěné špachtle 1,8x15 cm. Dostupné online:
<https://www.stoklasa.cz/drevene-spachtle-1-8x15-cm-x138260>
- [3] Dříví, podpalové lamelky 5kg. Dostupné online:
<https://www.eika.cz/e-shop/zelezarstvi/drivi-podpalove-lamelky-5kg/>

Volný pád a vodorovný vrh

Jiří Kvapil

Gymnázium Olomouc-Hejčín

Abstrakt

Článek popisuje výrobu a funkci jednoduché didaktické pomůcky, která umožňuje uvolnit jednu dřevěnou kuličku tak, aby padala volným pádem, a současně vystřelit druhou dřevěnou kuličku vodorovným vrhem. Článek se zároveň zabývá využitím této pomůcky v hodinách fyziky.

Úvod

Před pár lety jsem na setkání Elixíru do škol v Olomouci dostal od kolegyně Ivety Krahulcové otázku, zda náhodou ve škole nemáme pomůcku, která by dokázala názorně ukázat souvislost mezi vodorovným vrhem a volným pádem. Máme to štěstí, že díky péči Petera Ference takovou pomůcku starou více než 20 let vlastníme (obr. 1), její názornost sklidila velké nadšení. Prakticky okamžitě se objevil návrh, že by bylo skvělé, kdybychom si takovou pomůcku někdy vyrobili. Dílna „Volný pád a vodorovný vrh“ je odpovědí na tento návrh.

Původ a návrh pomůcky

Didaktická pomůcka (obr. 2) představená v tomto článku je tedy přepracovanou verzí mosazné pomůcky z 90. let 20. století, kterou vyráběla dnes už neexistující firma Ariane – Schola.



Obr. 1. Původní pomůcka od firmy Ariane – Schola



Obr. 2. Verze pomůcky s využitím 3D tisku – pružinka ve stlačeném stavu, žlutá kulička nasazená na vysunutou trubičku, červená kulička leží na plošce, připraveno k „odpalu“

Svoji verzi jsem vymodeloval jako objekt pro tisk na 3D tiskárně, ke kterému je třeba dodat několik dalších dílů. Soubor STL obsahuje dva objekty – jedním je vlastní tělo pomůcky (modrá část na fotce), druhý kus tvoří pojistku držící vše pohromadě (bílá část na fotce). Dále je potřeba spájet dvě mosazné trubičky do tvaru T, tvořící pohyblivou osu, a namotat pružinku, která je po stlačení zdrojem síly na vystřelení vodorovného vrhu. Do otvoru v těle pomůcky se dá vsunout dřevěná tyčka, pomocí které se pomůcka upne do stativu.

Jak to funguje a jak to funguje ve třídě

Pomůcku ve vodorovné poloze upneme do stativu, který postavíme na katedru nebo podlahu. Mosaznou páčku (svislá trubička) zatlačíme do strany (stlačí pružinku) a zaaretujeme v této poloze posunutím do výřezu ve tvaru L. Tímto pohybem se současně vysune vodorovná část trubičky na jedné straně, na druhé straně se trubička naopak zasune dovnitř. Na vysunutou část vodorovné mosazné trubičky navlečeme jednu dřevěnou kuličku, druhou položíme na opačnou stranu pomůcky. Pro odstartování pohybu uvolníme páčku, pružinka prudce vrátí vodorovnou trubičku do výchozí polohy, tím zmizí podpora navlečené kuličky, která padá volným pádem, a současně se trubička vysune na druhé straně a šťouchne do druhé kuličky, která je tím vystřelena vodorovným vrhem. Umístění stativu musí být takové, aby obě kuličky dopadly na podložku ve stejné výšce (tj. aby padaly ve svislém směru o stejnou vzdálenost), např. stativ je umístěn na lavici tak, že první kulička padá volným pádem na podlahu a stejně i druhá kulička vystřelená vodorovným vrhem dopadá na podlahu.

Ve třídě

Pomůcka slouží ve své podstatě k tomu, abychom ověřili, že volný pád z výšky h a vodorovný vrh z výšky h trvají v tíhovém poli Země stejnou dobu, tj. že vodorovný vrh se dá rozdělit na vodorovnou část a svislou část, která je vlastně samotný volný pád. To je

netriviální myšlenka, s jejímž pochopením mají mnozí žáci problémy. Pomůcka se dá také použít pro experimentální určení hodnoty tíhového zrychlení g .

Pokud pomůcku upevníme do stativu vychýlenou z vodorovného směru, můžeme s jednou kuličkou předvést také šikmý vrh.

Propojení obou pohybů

Máme několik možností, jak toto propojení obou pohybů prokázat. První možností je detekce vizuální a akustická samotnými žáky. Dopad ve stejný okamžik je dobře vidět a zároveň je slyšet současný náraz kuliček do podlahy. Pokud žákům stačí tato přesnost porovnání, přesvědčí je o shodném pohybu obou kuliček ve svislém směru. Pro dobré provedení experimentu je třeba zajistit, aby první kulička jen volně padala (tyčinka se musí zasunout celá) a aby vrh druhé kuličky byl co nejpřesněji vodorovný.

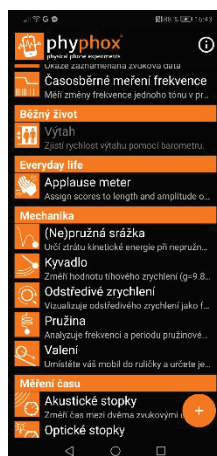
Další možností je natočit pohyb na video a stopováním jednotlivých snímků ukázat či dokonce naměřit stejné doby pohybu od počátku po náraz na podlahu. Natočení videa však má několik úskalí – jednak je třeba, aby rovina fotoaparátu/mobilu byla rovnoběžná a centrovaná s rovinou pohybu, jednak může hrát roli také doba expozice, typ čipu a závěrky – obraz se může ukládat po řádcích či sloupcích a na snímku tak může dojít ke zpoždění jedné kuličky vzhledem ke druhé. V takovém případě by se mohlo zkusit natáčet kamerou/mobilem otočeným o 90° . Podrobněji viz [1].

Určení hodnoty tíhového zrychlení g

Pokud několikrát změříme dobu pádu, lze snadno určit hodnotu tíhového zrychlení g . Obvykle to měří každý žák, určíme průměrnou hodnotu času a spočítáme hodnotu g . K tomu se dají použít stopky na mobilním telefonu (je třeba okomentovat přesnost měření člověkem a správně zaokrouhlovat naměřené hodnoty) nebo např. aplikace Phyphox [2] na mobilním telefonu, která využívá senzory mobilního telefonu k měření různých veličin v různých experimentech. Aplikace má výhodu v tom, že je dobře lokalizovaná do českého jazyka a dá se i propojit přes společnou wifi s učitelským PC a promítat tak obraz z jednoho telefonu na tabuli. V části Měření času spustíme experiment Akustické stopky (obr. 3), které měří časové intervaly mezi silnými zvuky (spínají a vypínají při silnějším zvuku). Nastavení měření je dobře popsáno přímo v daném experimentu a je třeba si to vyzkoušet. Velkou roli může hrát citlivost mikrofону, dozvuk v učebně i rychlost procesoru (ale stojí to za to!). V tabulce 1. uvádím nezaokrouhlené hodnoty času naměřené na Dílnách Heuréky v Brně.

Tabulka 1. Hodnoty času volného pádu a vodorovného vrhu z výšky 1,32 metrů

t_i/s	0,517	0,510	0,511	0,518	0,535	0,524	0,528
Prům. čas $t = 0,52 \text{ s} \Rightarrow g = 9,8 \text{ m/s}^2$							

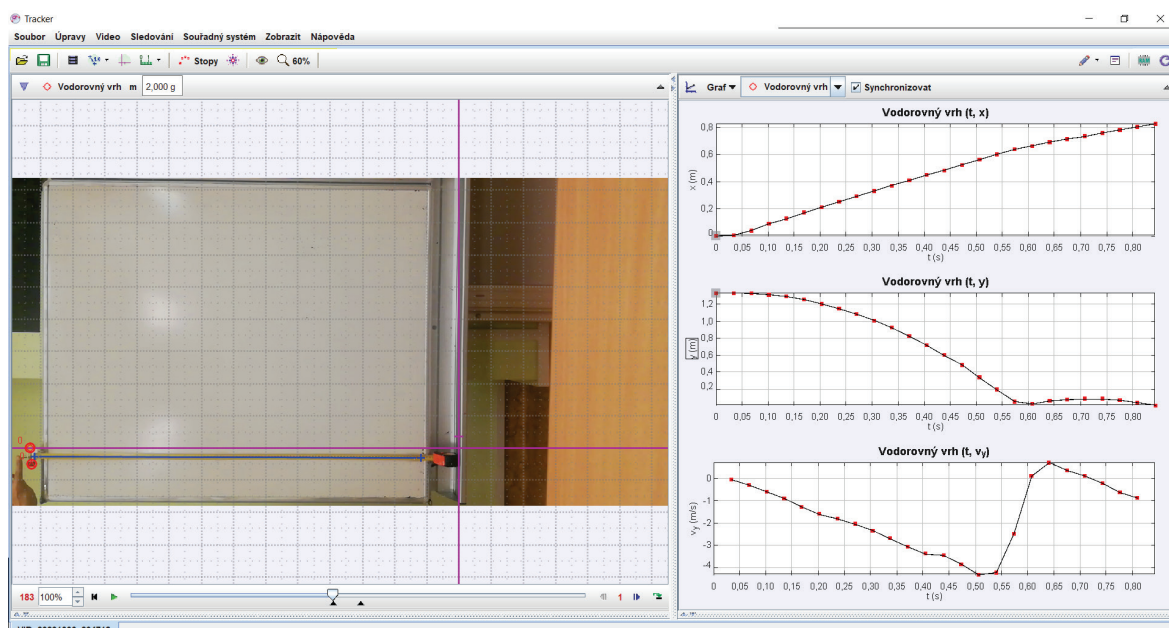


Obr. 3. Displej aplikace phyphox, dole oddíl Měření času, experiment Akustické stopky

Analýza vodorovného vrhu

Pomůcka se dá vhodně použít, pokud chceme pozorovat vodorovný vrh a následně jej analyzovat. Změříme výšku, z které je kulička vystřelena, dobu vrhu a lze také doměřit vodorovnou vzdálenost dopadu od paty kolmice protínající počáteční polohu. S těmito hodnotami pak můžeme různě pracovat – ověřit hodnotu g , nebo přesnost měření času, lze dopočítat počáteční rychlost kuličky ve vodorovném směru, dopadovou rychlost, úhel dopadu apod.

Pokud chceme ještě více prohloubit digitální kompetence žáků, můžeme pohyb natočit kamerou/mobilem a použít software pro video analýzu. Velmi dobrým softwarem je pro tyto účely program Tracker [3], který je zdarma, má i online verzi [4] a má velmi názorně napsané návody k ovládání a tutoriály. Pro natáčení videa platí stejné rady jako v části Propojení obou pohybů. Navíc je třeba, aby byl v záběru v rovině pohybu nějaký předmět známého rozměru – např. metrové pravítko, pásmo apod. Pomocí této délky se v programu zadává měřítko snímku, z kterého pak program počítá polohy bodů a vzdálenosti ve zvolené souřadné soustavě. Na obr. 4 je printscreen video analýzy v programu Tracker z Dílen Heuréky v Brně. Video je otočeno o 90° oproti skutečné poloze pohybu. V prvních dvou třetinách grafů je vidět analýza vodorovného vrhu, v poslední třetině grafů je vidět průběh pohybu po odrazu od parapetu tabule.



Obr. 4. Video analýza vodorovného vrhu z 6. 10. 2023

Seznam a zdroje materiálu

Zde je uveden seznam použitého materiálu pro výrobu pomůcky, v literatuře jsou pod příslušnými odkazy uvedena místa nákupu.

- Tělo pomůcky – tisk z 3D tiskárny, materiál PLA
- Pojistka – tisk z 3D tiskárny, materiál PLA
- 2 ks mosazná trubička, průměr 4 mm, délka 40 mm a délka 20–30 mm [5]
- Ocelový pružinový drát, průměr 0,35 mm, délka asi 20 cm [6]
- Dřevěná tyčka (vroubkovaná), průměr 12 mm, délka dle potřeby (např. 8–12 cm) [7]
- 2 ks dřevěná kulička (korálek), průměr 20 mm, různé barva, alespoň u jedné otvor o průměru 4–5 mm [8]

Sestavení pomůcky

Na 3D tiskárně vytiskneme tělo pomůcky a pojistku. Výtisk očistíme od podpěr, které je při tisku potřeba použít. Dbáme o dobrý ořez a začištění všech otvorů a štěrbin, ve kterých se musí trubička lehce pohybovat, vše trubičkou ozkoušíme. Dále vezmeme obě mosazné trubičky a spájíme je do tvaru T tak, že trubička délky 40 mm bude vodorovná a druhá trubička k ní bude svým koncem připájena kolmo ve vzdálenosti 24 mm od jednoho okraje (tj. na druhé straně zůstane 12 mm, trubička má zbývající 4 mm). Vyzkoušíme, zda rozměry dobře sedí – trubičku vsuneme do těla pomůcky ze strany plošinky (delším koncem do kulatého otvoru) a zajistíme zastrčením pojistky shora do štěrbin. Trubička by se měla lehce pohybovat posouváním páčky ve štěrbině tvaru L. V krajních polohách by měla trčet vždy jen na jednu stranu (a na druhé straně zůstat „uvězněna“ ve stěně pomůcky). Pokud je vše v pořádku, pomůcku rozložíme. Pojistka jde vytáhnout kleštěmi, nebo pomocí otvoru v pojistce a nějakým bodcem.

Nyní je potřeba si připravit pružinku. Buď se můžeme pokusit o přetvarování nějaké pružinky z propisky, nebo si namotáme vlastní z pružinového drátku (dá se prý také použít kytarová struna). Nejlépe se mi namotávala pružinka na závitové tyči průměru asi 4 mm, kterou jsem spolu s drátkem uchytil do vrtačky. Druhým koncem drátku drženým v kleštích jsem jej napínal a vrtačku spustil na nízké otáčky. Stačilo asi 10-12 závitů. Pružinku pak ručně dotvarujeme tak, aby byla delší než 24 mm (tj. než delší část vodorovné tyčky), a šla na tyčinku lehce nasunout. Její krajní závity by měly mít trochu větší průměr a konce by měly být zatočené alespoň trochu k opačnému konci pružinky (aby ostrý drátek netrčel „ven“), jinak budou mít konce pružinky tendenci lézt do krajních otvorů pomůcky.

Když máme připraveny všechny komponenty, sestavíme pomůcku natrvalo. Nejprve dovnitř vložíme pružinku, musíme ji trochu zmáčknout a možná bude vyskakovat. Její nechuť však překonáme, protáhneme skrz ni ze strany od plošinky tyčinku její delší stranou tak, že tyčinka proleze otvorem na druhé straně pomůcky. Tyčinku zajistíme pojistkou. Pokud se to podařilo, jde nyní posunout páčkou a zaaretovat ji v otvoru štěrbiny tvaru L (pružinka je stlačená) a uvolněním z aretace se tyčinka díky pružince prudce vrací do původní polohy. Pojistka by měla držet natěsno, pokud by se uvolňovala, může se zalepit sekundovým lepidlem, jen je třeba dát pozor, ani se nepřilepila i tyčinka.

Dřevěná tyčka slouží pro uchycení do stativu, otvor v těle pomůcky je trochu menší (záleží na nastavení 3D tisku), je proto dobré na jednom konci tyčky srazit kleštěmi její vroubky, a pak tyčku zarazit do otvoru. Samozřejmě ji lze nahradit i tyčkou kovovou.

Závěr

Pokud se vše podařilo, věřím, že pomůcka a její používání v hodinách fyziky přinese žákům lepší pochopení vodorovného vrhu a volného pádu a vám radost z jejich nadšení a zaujetí.

Literatura

- [1] <https://www.mosaic51.com/technology/rolling-vs-global-shutter-camera-effects-explained/>
- [2] <https://phyphox.org/>
- [3] <https://physlets.org/tracker/>
- [4] <https://physlets.org/tracker/trackerJS/>
- [5] <https://www.hornbach.cz/p/kruhovy-profil-mosaz-o-4-mm-1-m/799371/>
- [6] <https://eshop.satria.cz/satria/eshop/24-1-Stavebni-material/400-1-Ocel/5/2725-Ocelovy-drat-0-35mm-1000mm>
- [7] <https://www.hornbach.cz/p/tyc-konsta-kulata-12-x-1000-mm-drazkovana-buk/5485769/>
- [8] <https://www.stoklasa.cz/drevene-koralky-20-mm-x152499>

Změny skupenství očima termokamery

Vladislav Lang

NTC, Západočeská univerzita v Plzni

Abstrakt

Příspěvek ukazuje využití termokamery pro pozorování změn skupenství látek. Realizován je experiment zaměřený na vypařování a kondenzaci. Ukázáno je, že tři různé kapaliny se při pokojové teplotě vypařují rozdílně a jak kondenzace dokáže ovlivnit maximální teplotu v oblasti hlavy u člověka s rouškou.

Úvod

Změny skupenství jsou doprovázeny příjmem nebo odevzdáním energie, tuto energii potřebnou nebo uvolněnou nazýváme skupenské teplo. Pro experimenty realizované ve škole jsou vhodné procesy vypařování a kondenzace, neboť probíhají v celé šíři teplot existence kapaliny.

Vhodným pozorovacím prostředkem je termokamera, neboť není ve fyzickém kontaktu s látkou, a tak minimálně ovlivňuje průběh děje tím, že by teplo látky předávala nebo ho naopak odebírala. Přenos tepla sáláním mezi termokamerou a pozorovaným objektem se zde samozřejmě uplatňuje, ale vzhledem k vzájemně blízkým teplotám je zanedbatelný. Uvedené ve spojitosti s vysokou citlivostí termokamer, která je v řádu setin °C (pozor, nezaměňovat s přesností, ta je v řádu několika °C) umožňuje pracovat s minimálními objemy látek, čímž bývá dosaženo i vyšší dynamiky děje, kdy lze v časovém úseku několika minut pozorovat celý děj od nanesení kapaliny na povrch až po její úplné vypaření.

Pomůcky

Experimenty byly voleny tak, aby byly snadno realizovatelné běžně dostupnými materiály a pomůckami. Jedinou komplikací tak může být zajištění termokamer – i to má však řešení, pokud jste v dosahu některého ze zápůjčních center platformy LabIR EDU [1], můžete si je bezplatně zapůjčit tam. Při použití jiné termokamery upravte postup s ohledem na typ vámi použité termokamery.

Pak už je jen potřeba si zajistit:

- USB flash disk (pro ukládání fotek/video),
- voda, líh, olej – lahve s kapalinami by měly být před experimentem delší dobu u sebe, aby měly stejnou teplotu,
- 3 stříkačky s objemem 1 ml (pro vytvoření identické kapky se osvědčila stříkačka tuberkulínová bez jehly, klasická plastová mikropipeta nebyla ideální),
- 3 kalíšky + (stojánek na kalíšky a stříkačky jsme si vytiskly na 3D – není nutné),
- čtverečky o rozměrech 40×40 mm z papírové kuchyňské utěrky (3 ks),
- papírové kuchyňské utěrky,
- tři různobarevné elektrikařské lepenky.



Obr. 1. Pomůcky pro realizaci experimentů

Příprava experimentů

Uvedené množství pomůcek a materiálů je minimální pro jednu skupinu žáků. Některé pomůcky (kalíšky a stříkačky) se úspěšně dají sdílet, doporučuji je však označit barevně elektrikařskými lepenkami (modrá – voda, oranžová – líh, bílá – olej) společně s nádobami s kapalinami, aby se používaly vždy na stejnou kapalinu. Počty nastříhaných čtverečků je třeba násobit počtem skupin a přidat rezervu.

Realizace experimentů

V následujících podkapitolách jsou popsány jednotlivé experimenty.

Pro všechny experimenty byla nastavena v termokameře hodnota emisivity $\varepsilon = 0,95$ (u termokamery TIMI Edu se jedná o tovární nastavení).

Vypařování tří různých kapalin

V tomto experimentu si ukážeme, že tři různé kapaliny se vypařují různou rychlostí, což se projevuje rozdílným průběhem teploty zkušebních vzorků. Tím, že se jedná o skupenskou přeměnu z kapalného stavu do plynného, je potřeba teplo dodávat, kapalina teplo získává z okolí, což způsobuje jeho ochlazování, které termokamerou pozorujeme.

Pomůcky: 3 kalíšky (barevně označené el. lepenkou), 3 stříkačky (barevně označené el. lepenkou), 3 čtverečky 40×40 mm z papírové utěrky, voda, líh, olej, termokamera, USB flash disk.

Zapneme termokameru, vložíme záznamové medium (USB flash disk), termokameru zafixujeme v poloze tak, aby viděla na tři připravené čtverečky (lze použít stativ nebo podložit uši termokamery například učebnicemi), zamkneme si rozsah teplotní stupnice na hodnotách +10 až +30 °C. Teplota podkladu (lavice, podložky) by měla být homogenní. Zbytečně se čtverečků nedotýkáme.

Nalijeme do příslušně barevně označených kalíšků (modrá – voda, oranžová – líh, bílá – olej) tři uvedené kapaliny, ty natáhneme do identicky barevně označených stříkaček (modrá – voda, oranžová – líh, bílá – olej).

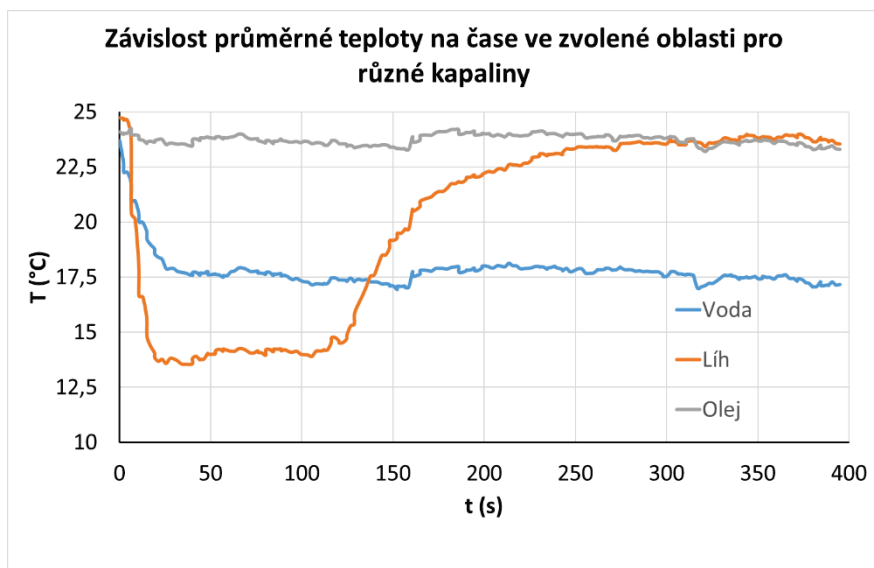


Obr. 2. Rozložení pomůcek před experimentem.

Pokud chceme data dále vyhodnocovat, zapneme nahrávání videa a s kamerou a s čtverečky již nemanipulujeme.

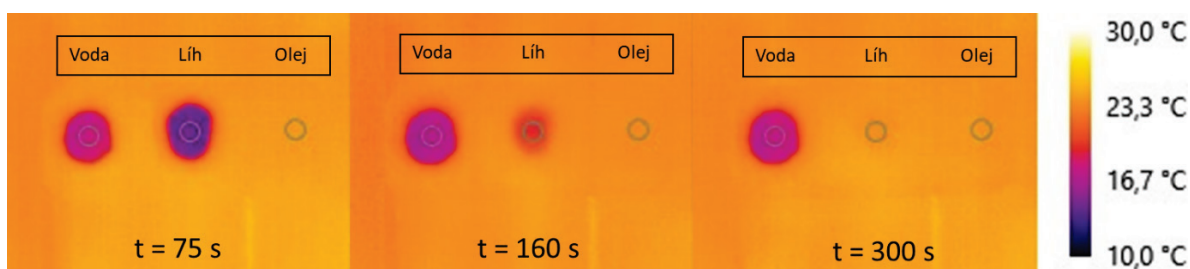
Následně umístíme vždy jednu kapku dané kapaliny na střed daného čtverečku (tj. např. na levý čtvereček kapku vody, na prostřední čtvereček kapku lihu a na pravý čtvereček kapku oleje), ideální by bylo to provést současně, ale i postupně je to možné.

Průběh experimentu lze vyhodnocovat přímo na kameře, jsou tam ale k dispozici jen obdélníkové oblasti, nebo detailněji v software LabIR, který je možné si po registraci stáhnout na [2]. Vyhodnocení realizované v software LabIR je následující: V místě každé kapky byla vytvořena kruhová oblast menší než kapka, je vidět na obr. 4, z takto vytvořených tří oblastí se dále pracovalo jen s průměrnou teplotou v oblasti. Pro zvolené časy byl vždy vyexportován termogram a z celého průběhu experimentu byl vytvořen graf zobrazující průběh průměrných teplot ve zvolených oblastech obr. 3.



Obr. 3. Graf zobrazující průběh průměrných teplot ve zvolených oblastech

Z grafu obr. 3. je patrná dynamika procesu pro jednotlivé kapaliny, kdy pro vzorek s vodou, který byl vytvořen jako první, je patrný pozvolnější pokles teploty na hodnotu 17,5 °C oproti vzorku s lihem, který má pokles teploty rychlejší a na hodnotu 14 °C. Vzorek s olejem má po celý zaznamenaný čas hodnotu teploty stejnou a to 23,5 °C. Pro vzorek s vodou i lihem dochází po počátečním poklesu teploty k vytvoření plata v průběhu teplot, tepelné toky jsou vyrovnány a teplota vzorků neroste ani neklesá. V čase 120 s pro vzorek s lihem dochází k vypaření veškerého lihu a teplota vzorku začíná narůstat, v čase 300 s je už identická s teplotou vzorku s olejem. Vzorek s vodou si drží stále stejnou teplotu 17,5 °C.



Obr. 4. Termogram v čase 75 s, 160 s a 300 s

Na obr. 4. jsou termogramy v definovaných časech od počátku experimentu.

Vycházíme-li z předpokladů, že kapaliny i čtverečky vystřižené z papírové utěrky měly stejnou počáteční teplotu, čtverečky jsou ve stejném kontaktu s podložkou (lze je i umístit místo kalíšků nad otvory v držáku), proudění vzduchu je nad vzorky identické, velikost kapiček byla blízká a pokryly podobnou plochu, stává se dominantním parametrem charakterizujícím rychlost vypařování tlak par daných kapalin při 20 °C. Z tabulky 1 je patrné, že nejvyšší tlak je pro lih, tedy že lih se bude vypařovat nejrychleji, což se i během experimentu potvrdilo.

Tabulka 1. Vybrané fyzikálních vlastnosti použitých kapalin.

Kapalina	Bod varu (°C)	Měrné skupenské teplo varu (kJ/kg)	Tlak par při 20 °C (Pa)
Voda [3]	100	2257	2 313
Líh [4]	78,3	879	5 850
Olej slunečnicový [5]	235	–	100

Zároveň se při experimentu ukázal i vliv měrného výparného tepla, které se bohužel obtížněji hledá (pro vodu k nalezení je). Pro hrubé přiblížení je tak v tabulce uvedena hodnota měrného skupenského tepla varu. Z hodnot je patrné, že měrné skupenské teplo varu vody je téměř třikrát větší než měrné skupenské teplo lihu, ve spojitosti s nižší hodnotou tlaku nasycených par se tedy voda vypařuje déle a vzorek si tak po několikanásobně delší dobu drží nižší teplotu. Olej s řádově menším tlakem par se vypařuje minimálně, odnímá svému okolí minimální množství tepla, které se snadno z okolí doplňuje, výsledkem je konstantní průběh průměrné teploty ve zvolené oblasti vzorku s olejem.

Úloha inspirovaná COVIDovým obdobím

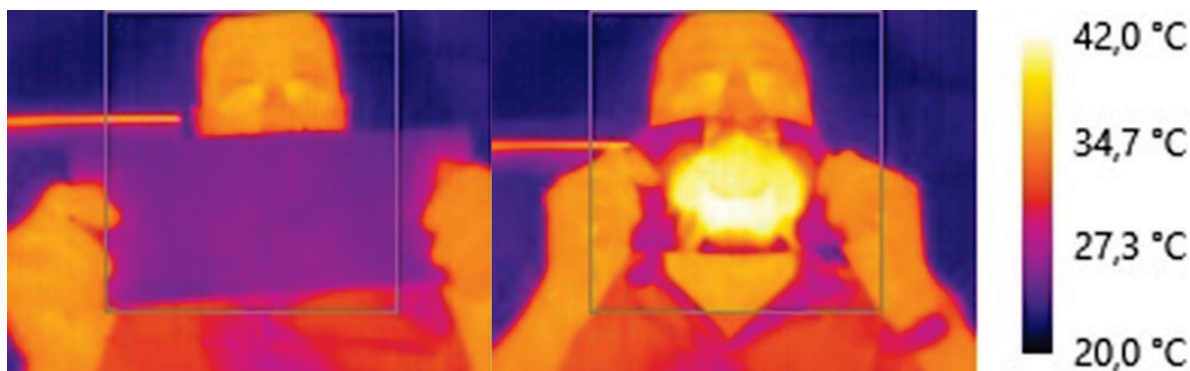
V období COVIDu se nosily různé typy roušek, od podomácku vyrobených bavlněných až po roušky využívající nanovlákná. Zároveň na velkém množství vstupů do budov byly umístěny termokamery, které vyhodnocovaly teplotu člověka. V tomto místě je potřeba si uvědomit, že přesnost špičkových termokamer je většinou uváděna ± 2 °C nebo ± 2 %, brán je vždy vyšší údaj, levnější termokamery mají uváděnou přesnost ± 5 °C nebo ± 5 %. Z výše uvedeného je patrné, že při určování teploty člověka pouze termokamerou je možné se dopustit významné chyby. Neznamená to však, že termokameru nelze použít, lze, ale musí být zároveň použit referenční teplotní člen, u kterého známe s přesností na setiny jeho teplotu a emisivitu (černé těleso), navíc musí být stále v záběru termokamery, aby sloužil k on-line korekci naměřených dat. Dalším významným faktorem je teplota prostředí, ze kterého měřená osoba přišla, ale to je na samostatný příspěvek.

Dále se věnujeme jen skupenským přeměnám, které mají na určení maximální teploty v obličeji člověka také vliv, je ukázáno, že lze naměřit velmi vysoké hodnoty teploty i u zdravého člověka.

Pomůcky: list papírové utěrky (náhrada roušky), termokamera, USB flash disk, druhá osoba

Nastavení emisivity zůstane na hodnotě $\varepsilon = 0,95$ (u termokamery TIMI Edu se jedná o tovární nastavení). Vytvořte si plošnou analýzu přes obličej kolegy a pozorujte hodnotu MAX. Spustěte nahrávání.

Požádejte kolegu, aby uchopil roušku (viz obr. 5.) a na Váš povel si ji přitiskl k ústům a intenzivně do roušky (ubrousku) opakovaně vydechoval.



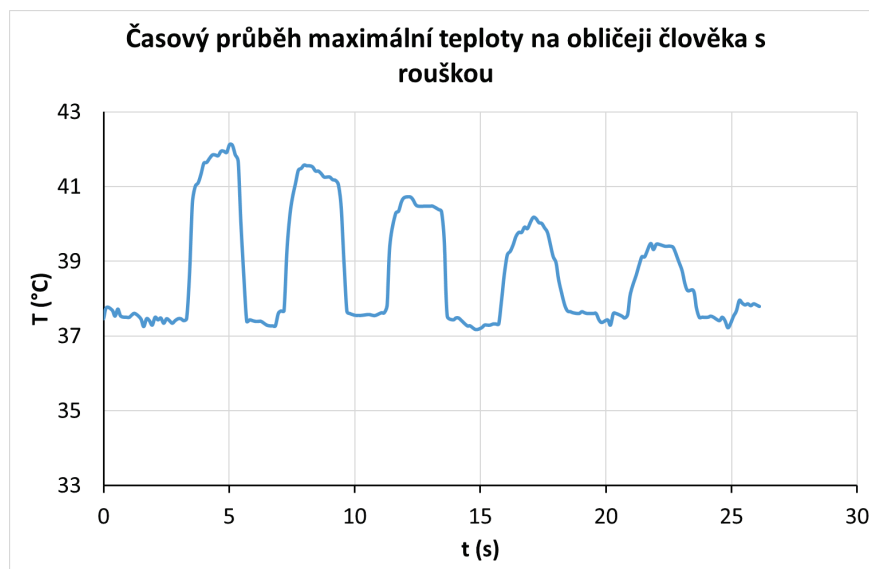
Obr. 5. Termogram kolegy před a při výdechu

Při intenzivním výdechu kolegy můžete pozorovat maximální teplotu přesahující 42 °C (viz obr. 5.), nezůstaňte jen u jednoho výdechu, ale nechte kolegu vydechnout alespoň 5×, pozor na počet výdechů vyšší než 10, může se zatočit hlava.

Zpracujete-li časový záznam maximální teploty v oblasti obličeje kolegy v software LabIR do grafu, můžete získat podobný průběh, který je ukázán na obr. 6. Maximální teplota u prvního výdechu přesahuje hodnotu 42 °C, při následných výdechích se snižuje až na hodnotu 39,5 °C pro pátý výdech.

Proč se na roušce při výdechu objevuje tak vysoká teplota?

Teorií může být hodně, od vlivu tlaku vzduchu, který se vytváří při výdechu, přes ohřev roušky způsobený nárazy procházejících molekul vzduchu, objevují se i tvrzení, že teplota vycházejícího vzduchu je prostě vyšší. Uvedené teorie si můžete sami ověřit například tím, že si změříte otevřená ústa, dále si nepřiložíte roušku na jedné straně přímo k ústům, ale necháte volný prostor proudění, zjistíte, že žádná z těchto teorií nepopisuje reálné výsledky.



Obr. 6. Časový průběh maximální teploty v oblasti obličeje člověka s rouškou

Prvním vodítkem na odhalení principu může být časový průběh, maximální hodnota se v čase snižuje, je zde samozřejmě možný efekt nízké kondice kolegy, ale ten by se projevil až u čtvrtého a dalšího výdechu. Proč tedy maximální teplota klesá?

Skutečná příčina výrazně vyšší maximální teploty měřené na roušce je způsobena kondenzací vodní páry, která je ve vydechovaném vzduchu. Jedná se tedy o skupenskou přeměnu – plynu na kapalinu, teplo se uvolňuje. To, že maximální teplota s počtem výdechů klesá, je ovlivněno tím, že rouška se postupně nasycuje kapalinou.

V období COVIDu většina systémů s termokamerou vyhodnocovala chybně maximální teplotu z celého obličeje, ve spojitosti s výdechem a následnou kondenzací na roušce, pak mohla být vyhodnocená teplota výrazně vyšší a osoba mohla být označena za nemocnou. Vhodné je ještě poznamenat, že pouze vnitřní koutek oka (u nosu) je jediné místo vhodné pro vyhodnocení teploty člověka termokamerou.

Uvedený jev můžete pozorovat u papírových roušek/utěrek a také u roušek z bavlny, u klasických chirurgických roušek či nano-roušek je tento efekt velmi slabý, což je způsobeno strukturou vláken, ze kterých jsou vyrobeny a na nichž neprobíhá proces kondenzace tak efektivně.

Závěr

V příspěvku jsme si ukázali skupenské přeměny, a to vypařování a kondenzaci. Různá rychlost vypařování kapalin má významný vliv na to, jak ochlazuje své okolí. Oproti tomu kondenzace teplotu okolí zvyšuje, což v období COVIDu mohlo způsobovat ve spojitosti s chybným postupem vyhodnocení teploty člověka pro danou osobu nepříjemné komplikace. Experimenty byly navrženy tak, aby se daly efektivně pozorovat právě termokamerou, neboť obrazový vjem zprostředkovaný termokamerou může pomoci vtáhnout pozorovatele do děje a zároveň mu ho umožnit lépe pochopit. Získaná data lze následně detailněji zpracovat a vyhodnotit na počítači.

Literatura

- [1] <https://edu.labir.cz/>
- [2] LabIR software pro zpracování termogramů, <https://edu.labir.cz/edukit/software>
- [3] E-tabulky, Ústavu chemického inženýrství, VŠCHT Praha
<https://uchi.vscht.cz/studium/tabulky>
- [4] Technický list Lihu, Severochema,
https://www.severochema.cz/storage/Download_DownloadTranslation/1-2000/91-file-lih-technicky-sud.pdf
- [5] FyzWeb odpověďna, Vypařování oleje,
<https://fyzweb.cz/odpovedna/index.php?hledat=syt%C3%BDch>

RGB míchačka jednoduše

Kateřina Lipertová

Církevní gymnázium Plzeň

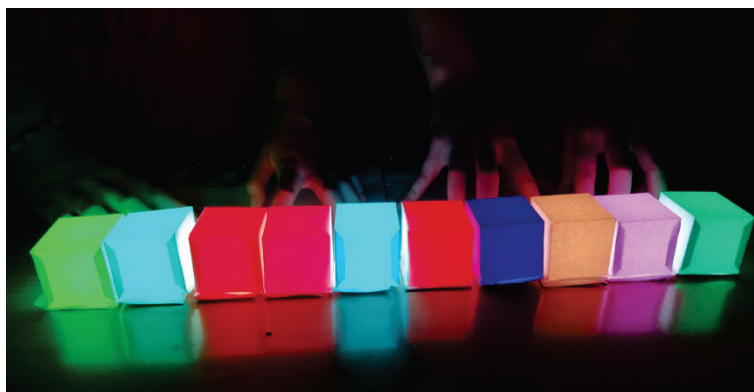
Abstrakt

V příspěvku bude představena jedna velmi jednoduchá varianta, jak vyrobit RGB míchačku bez pájení, pomocí měděné lepicí pásky a papíru.

RGB Touch Cube

Mezi všemi konstrukcemi RGB míchačky, které jsem kdy se svými žáky vyráběla, je tahle rozhodně ta nejjednodušší a nevtipnější. Pod názvem **RGB Touch Cube** je představena na stránce [1].

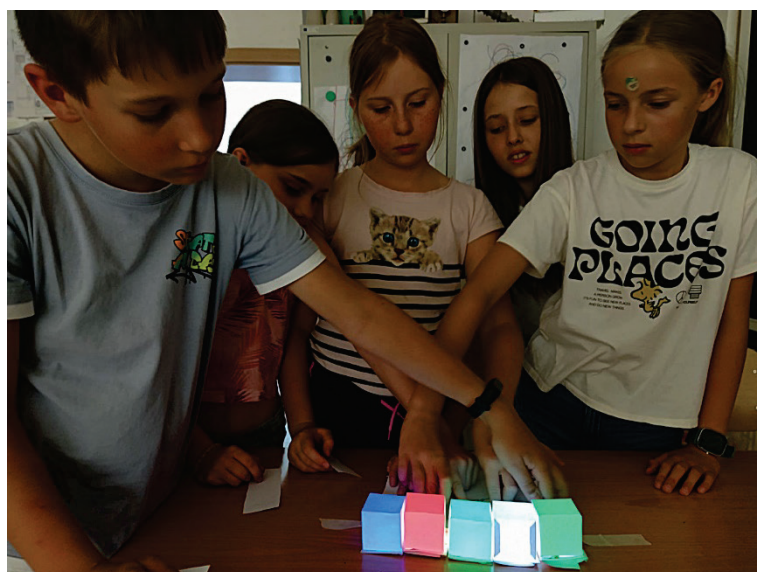
Ve velmi podrobném a přehledném videomanuálu autor provádí krok za krokem výrobou RGB kostky a zároveň upozorňuje na možná výrobní úskalí. Video je v angličtině, ale vizuálně dostatečně čitelné i pro neangličtináře. Na stránce jsou ke stažení i šablony, které jsou taktéž skvěle zpracované a výrobu velmi usnadní.



Obr. 1. RGB kostky žáků CG Plzeň.

Na naší škole se RGB kostka stala hitem Letního fyzikálního tábora 2023, zamilovaly si ji nejen nejmenší děti ve věku 10 let, ale i lektori z řad septimánů (obr. 1–4). 85 dětí vyrobilo nakonec 85 plně funkčních kostek měnících barvu, což svědčí o velké spolehlivosti tohoto projektu.

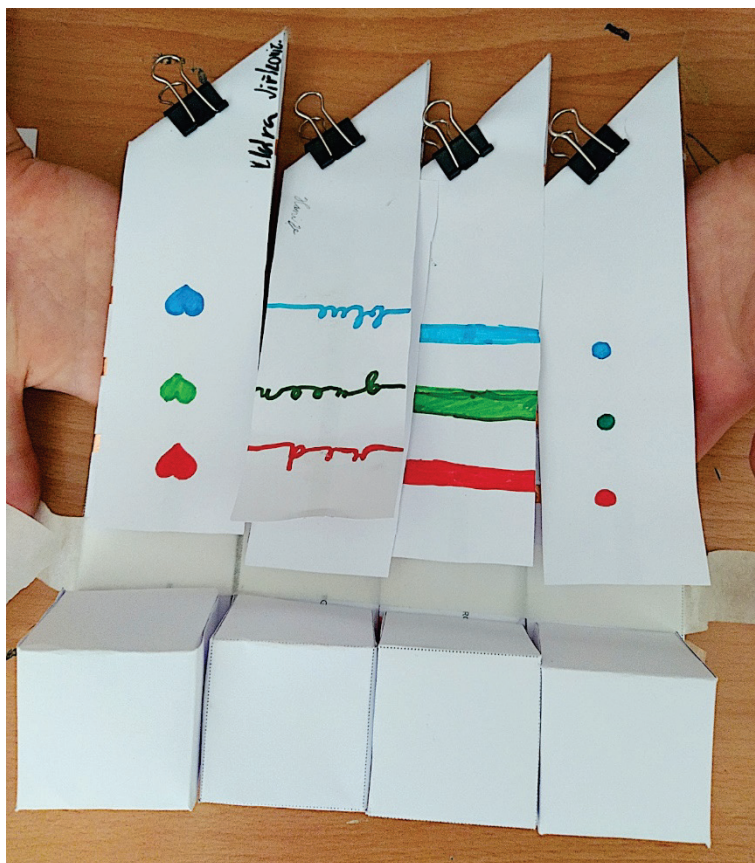
Svou „trvanlivostí“ nemůže sice papírová RGB kostka konkurovat pájeným konstrukcím se třemi potenciometry, ale je velmi jednoduchá na výrobu a výsledný vizuální efekt je srovnatelný. (Podrobný popis „pevné“ konstrukce s potenciometry najdete například v příspěvku Zdeňka Hubáčka ve sborníku Heuréky [2]).



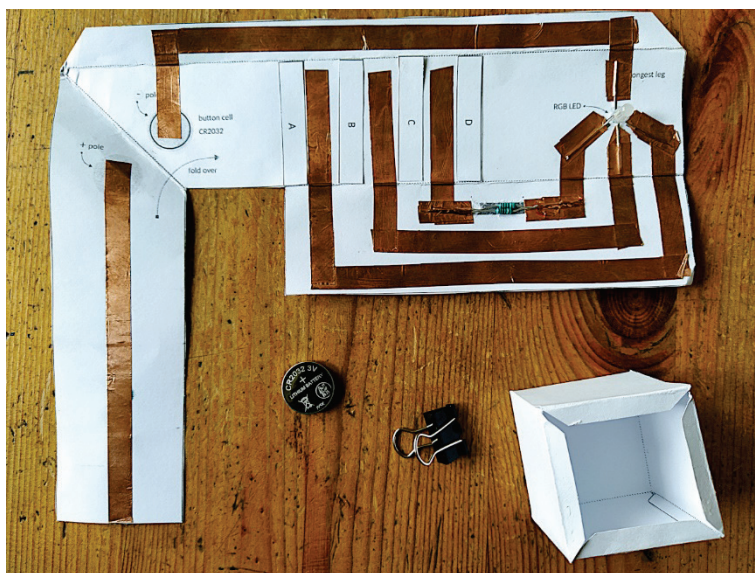
Obr. 2. Letní fyzikální tábor CG Plzeň.



Obr. 3. Letní fyzikální tábor CG Plzeň



Obr. 4. Letní fyzikální tábor CG Plzeň.

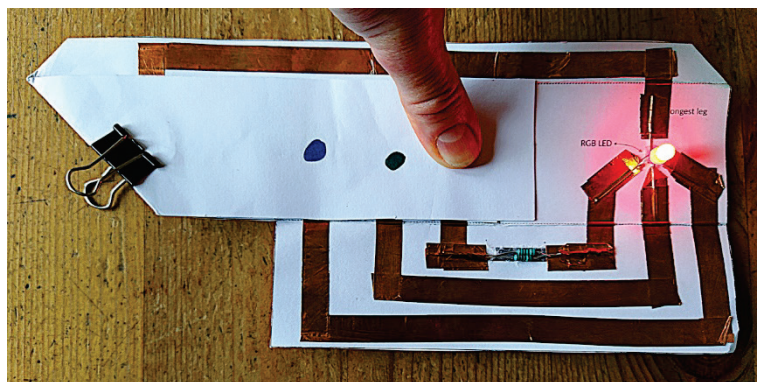


Obr. 5. RGB míchačka těsně před závěrečnou kompletací.

Jak je z obrázku 5 zřejmé, konstrukce je za pomoci papírových šablon velmi snadno sestavitelná.

Materiál potřebný k výrobě

- *čtvrťka použitelná do tiskárny, či kopírky (120 g/m^2)*
Je použitelný i obyčejný papír, nebo čtvrťka s vyšší gramáží. Papír se však zbytečně muchlá a tlustější čtvrťka pro změnu nepropouští dobře světlo.
- *RGB dioda*
K zakoupení například v [3].
- *knoflíková baterie 3V*
Typ CR2032, nebo jakýkoli podobný. Nejlevněji v prodejnách JYSK, nebo KIK.
- *dva rezistory 100Ω*
- *měděná páska*
K zakoupení například v [4]. Šířka 5-6 mm je ideální, ale je možné použít i trochu širší, či užší. Pozor! Je nutné koupit měděnou pásku s vodivým lepidlem!
- *klip binder*
K zakoupení v každém papírnictví, ale třeba i v [5].
- *lepící tyčinka, nůžky, pravítko*



Obr. 6. RGB míchačka před přilepením papírové kostky.



Obr. 7. RGB míchačky v akci.

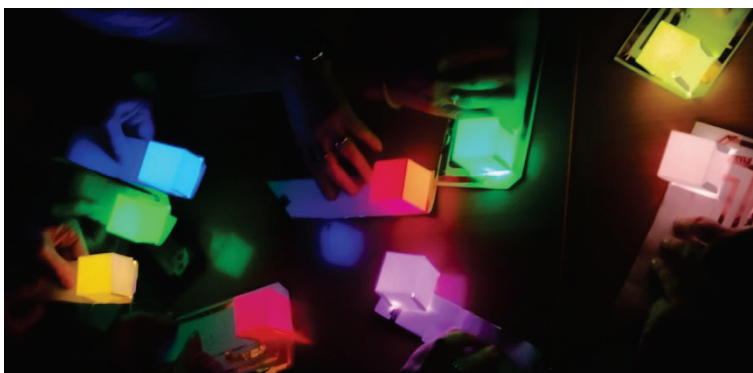
Šablony potřebné k výrobě jsou k dispozici v přílohách sborníku, je možné je stáhnout také přímo na stránce [1].

Závěr

RGB míchačka sklídila úspěch i na setkání Elixíru v Plzni (obr. 8 a 9) a několika dalších akcích pro učitele a pravděpodobně se její výroba stane na mnoha školách předvánoční aktivitou pro děti. A je jasné proč. Je to totiž čistá fyzika a k tomu ještě krásná!



Obr. 8. Setkání RC Elixíru v Plzni, září 2023.



Obr. 9. Setkání RC Elixíru v Plzni, září 2023.

Literatura

- [1] <https://www.voltpaperscissors.com/rgb-touchcube>
- [2] https://kdf.mff.cuni.cz/heureka/former/sborniky/DilnyHeureky_2016.pdf
- [3] <https://www.laskakit.cz/rgb-led-5mm-difuzni--spolecna-katoda/>
- [4] <https://www.3market.cz/1181-medena-hladka-lepici-paska-3m-6-mm-x-16-5-m-s-vodivym-akrylovym-lepidlem/>
- [5] https://www.sevt.cz/produkt/ron-klip-binder-12-ks-cerny-19-mm-51359028700/?gad_source=1&gclid=CjwKCAiAgeeqBhBAEiwAoDDhn8E2d4Czj-0-1fkC9Jc4wUp6LWKOg5nR_7wIWIIovuk7HnFn--yVNRoCSNsQAvD_BwE

Růstové grafy v hodině fyziky

Zbyšek Mošna

Gymnázium U Libeňského zámku

Abstrakt

Tento příspěvek popisuje využití vlastních dat (tělesná délka a výška) pro výpočet rychlosti růstu. Aktivita je vhodná jak pro druhý stupeň základní, tak pro první ročník středních škol v kapitole Kinematika.

Úvod

Věděli jste, že investice do oblečení u malých dětí se nevyplatí, protože z něj děti rychle vyrostou? Ale vážně: Posouzení tělesné délky a růstové rychlosti má tři základní cíle:

- Porovnat aktuální tělesnou délku/výšku s populační normou pomocí percentilového grafu a s růstovým dědičným potenciálem rodičů.
- Vyhodnotit růstové tempo v období od předcházející preventivní prohlídky.
- Při podezření na růstovou poruchu doplnit základní vyšetření.

U některých závažných chronických onemocnění může být porucha růstu prvním příznakem [1]. Tento příspěvek ovšem není lékařský, ale fyzikářský a používá růst dětí pro procvičení konceptu okamžité rychlosti.

Využití růstových grafů bylo představeno na workshopu v Brně spolu se dvěma dalšími aktivitami publikovanými ve sborníku Elixíru nápadů pro rok 2022 (Grafy v kinematice aneb žáci učí žáky a Grafy běžných činností) [2]. Růstové grafy běžně používám na střední škole na začátku prvního ročníku, protože se domnívám, že využití vlastních dat či dat z běžného života má pro výuku velký význam a žáky velmi motivuje. Celá aktivita zabere přibližně jednu vyučovací hodinu. Hlavním cílem je upevnit porozumění mezi průměrnou rychlostí a okamžitou rychlostí. Během hodiny žáci používají záznamy své tělesné délky a výšky (pojem „délka“ se používá do 24. měsíce věku a později pojem „výška“, dále pro jednoduchost budeme používat termín „výška“), které jsou zaznamenány v jejich Zdravotním a očkovacím průkazu dítěte a mladistvého (dále Zdravotní průkaz). Typický termín záznamu je při narození (0 let), tříměsíční, půlroční a roční prohlídka, 18měsíční a tříletá prohlídka a od této doby mají děti záznam po každých dvou letech (5, 7 let atd.). Časový rozdíl je dostatečný k tomu, abychom byli schopni vypočítat „okamžitou“ rychlost růstu pomocí rozdílu výšek a časového intervalu růstu. Přesněji řečeno sice nepočítáme okamžitou rychlost, ale průměrnou rychlost v jednotlivých etapách života, ale praktický rozdíl je možné pro naše účely zanedbat.

Práce v hodině

Žáci jsou předem instruováni, aby si přinesli buď své Zdravotní průkazy nebo fotografie či výpisy ze záznamů tělesné výšky a délky. Pokud někdo náhodou průkaz nemá, chybí mu měření, či jej zapomene, může použít náhradní data, například mediánové hodnoty (dále v textu). Hodinu je možné začít otázkami: „Jak rychle si myslíte, že jste rostli v průběhu života? Jakou jednotku vybereme pro popis rychlosti růstu? Rostete ještě? Pokud ano, jak

rychle rostete teď? Jak byste byli vysocí, kdybyste rostli stejnou rychlostí jako na začátku života?“ Poté můžeme jednotlivé odpovědi stručně okomentovat (třeba ve smyslu, že to brzy ověříme) a přistoupit ke zpracování dat.

Doporučuji nejprve vytvořit na tabuli nebo promítnout vzorovou tabulku, která v prvním řádku obsahuje věk měření v rocích t , v druhém řádku tělesnou výšku v centimetrech h , v třetím řádku rozdíl časů měření (Δt), ve čtvrtém řádku rozdíl výšek (Δh). Poslední řádek bude obsahovat vypočtenou rychlost $v = \Delta h / \Delta t$. Tabulka může vypadat nějak takto (Tabulka 1). Šedě jsou označeny hodnoty ze Zdravotního průkazu, další hodnoty jsou vypočítány z těchto dat. Můžeme nechat vybraného žáka nechat zapsat několik hodnot a pro jeden nebo dva sloupce ukázat, jakým způsobem vypočítat třetí až pátý řádek. Zde je potřeba upozornit na to, že u posledního řádku (rychlost v) někteří žáci zaměňují časový interval Δt s věkem t . Při výpočtu se samozřejmě počítá pouze čas potřebný k růstu o daný přírůstek výšky. Vyplněná i prázdná tabulka je k dispozici v příloze.

Tabulka 1. Příklad dat a vypočtených hodnot. Chlapec, 15 let.

t (roky)	0	0,11	0,25	0,5	1	1,5	3	5	7	9	11	13	15
h (cm)	51	55	63	72	75	85	100	115	129	133	144	171	180
Δt (roky)	---	0,11	0,14	0,25	0,5	0,5	1,5	2	2	2	2	2	2
Δh (cm)	---	4	8	9	3	10	15	15	14	4	11	27	9
v (cm/rok)	---	36,4	57,1	36	6	20	10	7,5	7	2	5,5	13,5	4,5

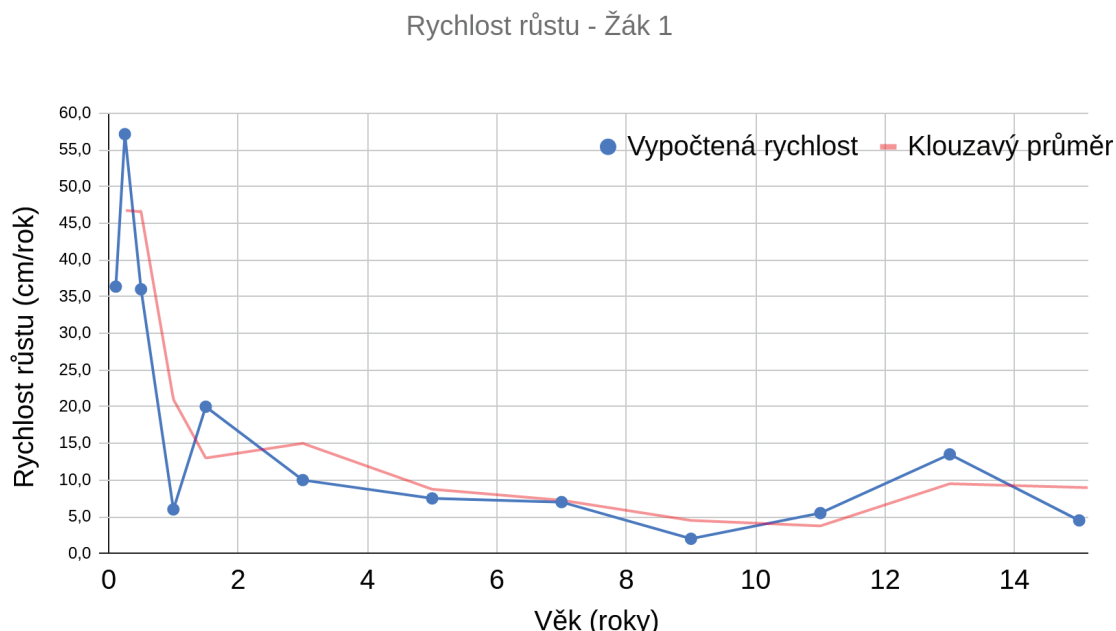
Dále žáci použijí dva nakopírované grafy (0–24 měsíců a 0–18 let) a zakreslí do nich své výšky. Grafy jsou zkopírovány z webu Státního zdravotnického ústavu [3] a jsou upraveny a zmenšeny pro hromadný tisk (viz příloha). Občas se stane, že žákům některé hodnoty ve Zdravotnickém průkazu chybí, protože je třeba dětský lékař nezměřil, takže můžeme využít grafy a potřebné hodnoty odhadnout interpolací.

Při práci s grafy výšky můžeme probrat základní statistické veličiny – podle stupně školy se můžeme zmínit o tom, že prostřední tlustá („průměrná“) čára se nazývá medián a zjednodušeně řečeno je to hodnota, kde 50 % populace má větší a 50 % menší hodnotu. Odlišuje se od aritmetického průměru v tom smyslu, že je vždy menší nebo rovný a je méně citlivý na extrémní hodnoty, ale tyto detaily (například Gaussovo rozdělení) samozřejmě budeme zařazovat podle úrovně žáků (medián se realizuje tak, že seřadíme data podle velikosti a prostřední hodnota je právě medián). Dá se třeba ukázat rozdíl mezi mediánem a průměrem na příkladu platů – jeden člověk ve třídě má příjem 1 milion měsíčně a ostatní mají padesát tisíc měsíčně. Jaký bude medián a jaký bude aritmetický průměr? Další čáry jsou jednotlivé percentily. Například 90. percentil analogicky znamená, že daná hodnota převyšuje 90 procent populace a je menší než hodnoty 10 procent populace. Podle mých zkušeností jde pro žáky o naprosto nový koncept, ale velmi rychle a nenásilně jej na tomto příkladu pochopí.

Tyto dva grafy můžeme použít pro hrubý odhad výšky žáků v dospělosti – pokud si najdeme percentil, na kterém se aktuálně nacházíme, tak můžeme extrapolovat i do budoucnosti. Má to samozřejmě některá úskalí [1], například průběh růstu dívek je silně

ovlivněn věkem, kdy začínají velké hormonální změny a kdy dochází k poměrně rychlému zpomalení růstu.

Hlavním výstupem hodiny je vlastní graf rychlosti, který žáci kreslí buď na milimetrový papír, nebo pomocí počítače třeba ve spolupráci s učiteli IKT. Ukázka grafu z dat v Tabulce 1 je na obr. 1.



Obr. 1. Rychlost růstu, chlapec, 15 let. Je zřejmý velký pokles rychlosti mezi prvním a zhruba třetím rokem života a lokální maximum rychlosti okolo 13. roku. Modrá čára s kolečky znázorňuje vypočtenou rychlost, červená čára bez značek je interpolace dat – v tomto případě klouzavý průměr vypočítaný ze dvou sousedních dat.

Při výpočtu rychlosti a tvorbě grafu zjistíme, že výpočet je citlivý na přesnost měření výšky. Může se stát, že rychlosti se budou zejména na začátku života hodně měnit a data budou „skákat“. To samozřejmě můžeme také s žáky probrat. Žáci také dostanou úkol vypočtené rychlosti proložit (hladkou) křivkou, která asi nejlépe odráží to, jak rychle děti rostou. Realita je opět samozřejmě komplikovanější, například dochází k velkému růstovému spurtu mezi druhým a šestým týdnem života. Nacházíme ale samozřejmě podobné rysy, na začátku života je rychlost okolo 40 cm/rok (může být i vyšší), pak padá na rychlosti řádově cm/rok a v období puberty se rychlost opět zvyšuje a poté padá limitně k nule. Zatímco chlapci rostou až do 17 let nebo ještě poté, růst u dívek se zastavuje dříve. Toto téma je vhodné zkombinovat s výukou biologie. Zájemce odkazují jednak na odbornou lékařskou literaturu [1] a na popularizační instagramový profil dětské lékařky MUDr. Mošnové :-) [4]. Do grafu také žáci zapíší maximální rychlost růstu (zde 36 cm/rok) a případně lokální maximum rychlosti (pro období puberty).

Otázky pro žáky na závěr:

- Je pravda, že ve dvou letech máme polovinu výšky, které dosáhneme v dospělosti? (platí pouze přibližně, v polovině věku měříme spíše o něco více než polovinu výsledné výšky).

- Jaká je průměrná rychlost růstu během vašeho života? Kdy jste rostli nejrychleji a kdy nejpomaleji? Jakou rychlostí jste v těchto etapách rostli?
- Jak bychom byli vysocí, kdybychom rostli stejnou rychlostí v cm/rok jako na začátku života?
- Podobná otázka: Jak bychom byli vysocí, kdybychom každý rok zvětšili svoji výšku o stejné procento jako v prvním roce života?

V příloze se nachází materiály upravené pro tisk pro rozdání třídě (na první straně graf růstu 0–24 měsíců, na druhé a třetí straně grafy růstu pro dívky a chlapce 0–18 let).

Závěr

Růstové grafy využívám každý rok v prvním ročníku na střední škole. Představená aktivita má přesahy do předmětů matematika a biologie, používá základní statistické veličiny i termíny, procvičuje pasivní i aktivní práci s grafy. Moje zkušenost je taková, že prakticky vždy žáky velmi baví, přijde jim užitečná a zajímavá. Co se týká fyziky, snad přispívá k lepšímu pochopení pojmů průměrná rychlost a okamžitá rychlost a rozlišení obou pojmů.

Literatura

- [1] Postgraduální medicína, ročník 7, číslo 2, str. 5-12.
- [2] Elixír nápadů pro rok 2022. <https://www.elixirdoskol.cz/vydavame-pro-vas/>
- [3] Hodnocení růstu a vývoje dětí a mládeže. <https://szu.cz/publikace-szu/data/hodnoceni-rustu-a-vyvoje/rustove-grafy-ke-stazeni/>
- [4] Instagramový profil danka_mosnova – záložka Fyziologie růstu.

Regulovatelný zdroj malých proudů 1 až 20 mA

Václav Pazdera

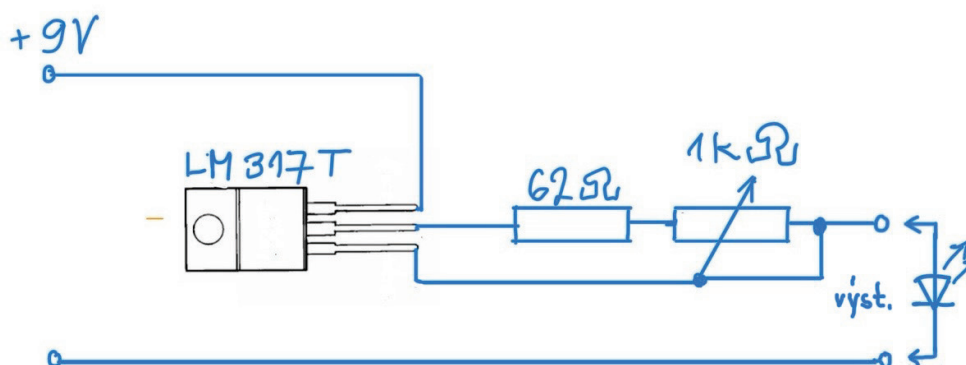
Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9

Abstrakt

Účastníci dílen Heuréky 2023 si vyrobili regulovatelný zdroj malých proudů 1 až 20 mA. Tento zdroj lze použít jako tester LEDek, zdroj pro měření V-A charakteristiky LEDek (i jiných) a k zjištění základních parametrů LEDek.

Regulovatelný zdroj malých proudů 1 až 20 mA

Výroba tohoto zdroje je inspirována podobným zdrojem [1] navrženým Václavem Piskačem. Václav navrhl zdroj pevného proudu 20 mA. Ve zdroji je použitý stabilizátor napětí LM317T, který můžeme zapojit i jako proudový zdroj 20 mA (rezistor má hodnotu 62 Ω) [1]. Přidáním potenciometru 1 k Ω získáme regulovatelný zdroj (viz obr. 1.) malých proudů 1 až 20 mA. Odpor rezistoru se mění od 62 Ω (pak je proud přibližně 20 mA) do 1062 Ω (pak je proud přibližně 1 mA). Výrobce v datasheetu [4] uvádí min. proud zátěže 3,5 mA. Já mám vyzkoušeno, že funguje i pro 1 mA.

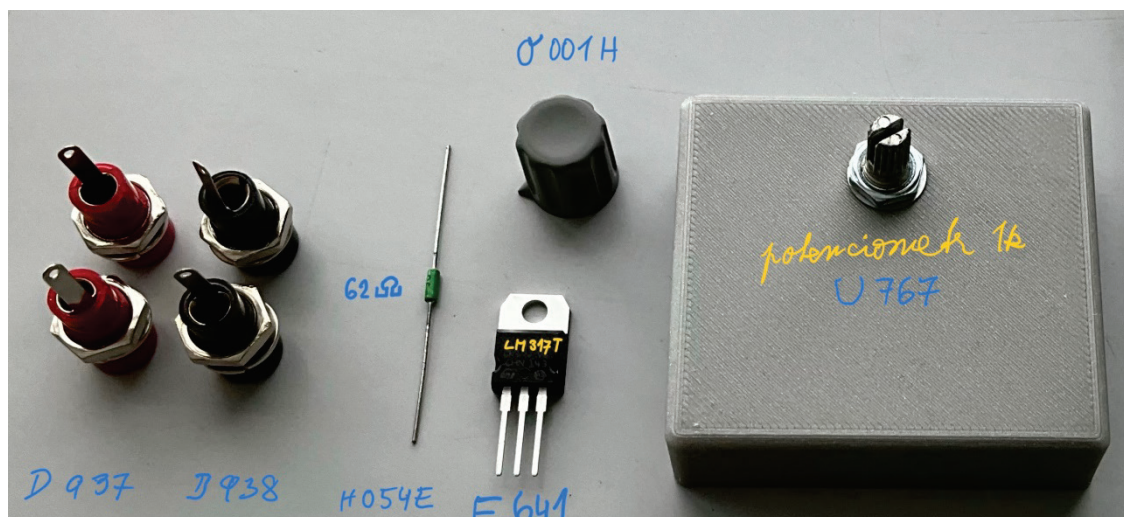


Obr. 1. Schéma zapojení regulovatelného zdroje 1 až 20 mA.

K výrobě budeme potřebovat následující součástky zakoupené v Hadexu [2] (kód zboží je uvedený v tabulce). Součástky lze samozřejmě nakupovat i jinde.

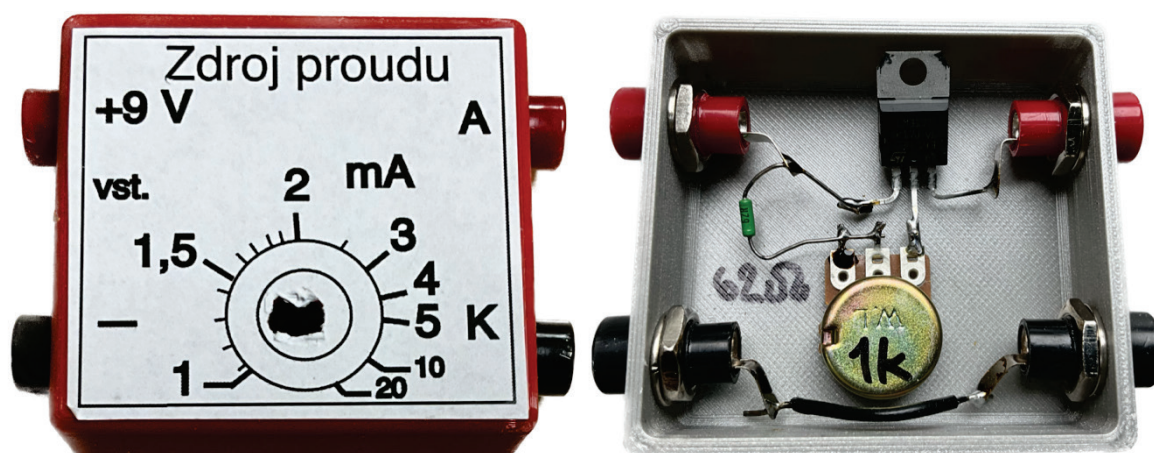
Kód zboží	Popis zboží
U767	1k0/N, 16K1, hřídel 6x15mm, potenciometr otočný
O001H	Přístrojový knoflík KP1406, 14x15mm, hřídel 6mm, šedý s šipkou
E641	LM317T stabilizátor +1,2 až 37V/1,5A TO220
H054E	62R TR191, rezistor 0,25W, 5%
D938	Zdířka pro banánek izolovaná černá
D937	Zdířka pro banánek izolovaná červená

Všechny potřebné součástky je vidět na obr. 2.



Obr. 2. Všechny potřebné součástky.

Všechny součástky jsou připevněné, napájené a namontované na krabičku vytisknutou na 3D tiskárně (viz obr. 2. a obr. 3.). Model krabičky na požádání zašlu emailem.



Obr. 3. Všechny (3) připevněné, napájené a namontované součástky.

Na obr. 3. můžeme vidět „samolepku“ se stupnicí, kterou nalepíme na krabičku.

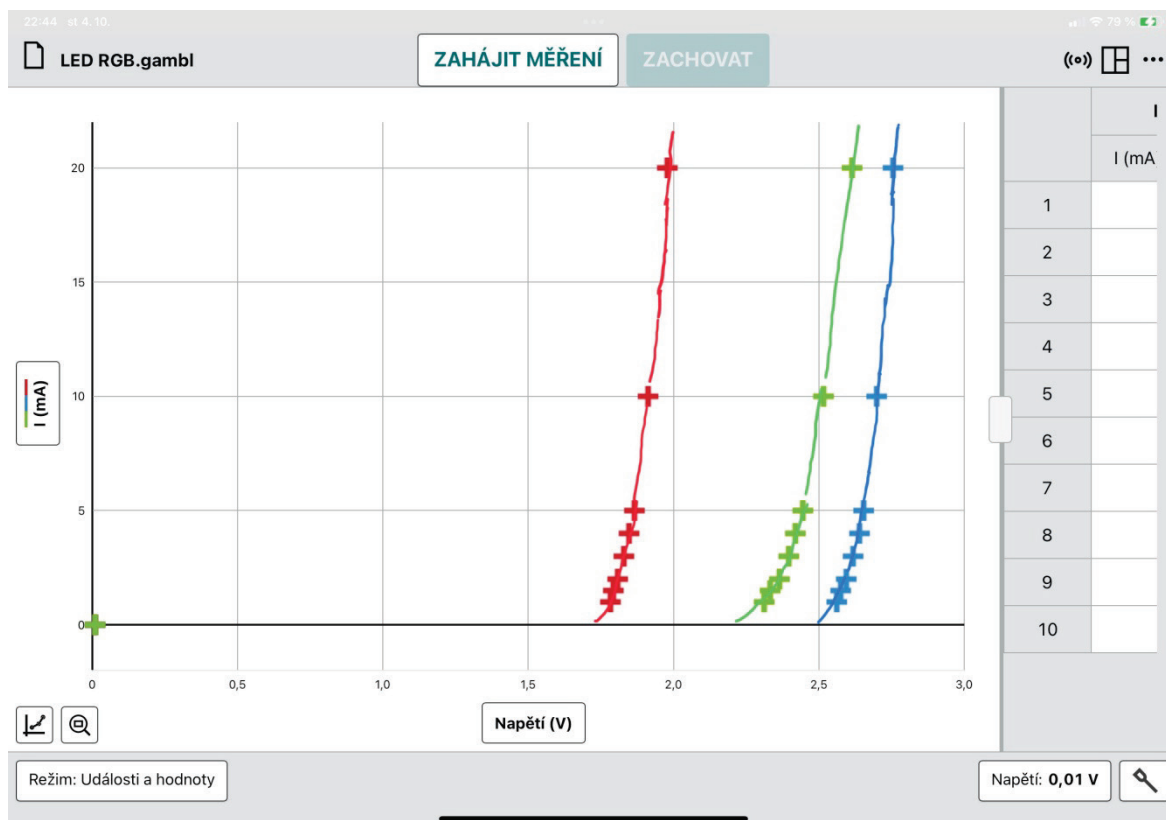
Použití regulovatelného zdroje malých proudů 1 až 20 mA

1. LED tester

Zdroj malých proudů slouží jako **jednoduché zařízení k testování LED** diod. Stačí připojit do správných zdírek (A – anoda, K – katoda) LEDku. Můžeme samozřejmě zkusit, jak svítí při různých velikostech proudu (1 až 20 mA). Velkou výhodou je, že se nedá překročit maximální hodnota proudu (20 mA). Jako zdroj napětí lze použít jakýkoliv stejnosměrný zdroj od 6 V do 9 V (ideálně 9V baterie). Výhodou je i to, že pokud není zkoušená LEDka připojená, zdroj (9 V baterie) může být stále zapojený, protože obvod není propojený (viz obr. 1.), a tím neodebírá žádný proud.

2. Měření V-A charakteristiky

Ke zkoušené LEDce můžeme připojit voltmetr (multimetr) a přitom měnit hodnotu proudu od 0 mA do 20 mA (potenciometrem). Když si budeme zapisovat dvojice hodnot proudu a napětí, můžeme (studenti) velice rychle a snadno nakreslit graf → **V-A charakteristiku**. Samozřejmě můžeme použít i k měření napětí měřící systém Vernier (PASCO, ...) a měřit, zobrazovat a analyzovat data pomocí PC, tabletů i telefonů. Na obr. 4. můžeme vidět naměřené hodnoty napětí pro R, G a B LEDku. **Hodnoty proudů nejsou měřené**, ale odečtené ze stupnice potenciometru a jsou ručně zadané do tabletu.



Obr. 4. Naměřené hodnoty napětí (proud – zadaný ručně) systémem Vernier R, G a B LEDek. Části křivek (propojení bodů) jsou **ručně** dokresleny.

3. Měření Planckovy konstanty

Výše naměřené V-A charakteristiky LEDek můžeme využít k měření (určení, výpočtu) Planckovy konstanty. Potřebnou teorii a postup měření (výpočtu) najdeme na mnoha místech internetu. Uvedu například postup v učebnici E-MANUEL na stránce [3].

4. Rychlé určení pracovního proudu a napětí LEDky (laseru)

Pokud chceme zapojit do obvodu konkrétní LEDku (laser) potřebujeme znát hodnotu “pracovního napětí a proudu” při kterém LEDka optimálně funguje (svítí). S pomocí klasického zdroje je to poměrně pracné a musíme při tom pracně měřit proud a napětí. S tímto zdrojem je to velmi jednoduché. Připojíme LEDku a nastavíme požadovanou hodnotu proudu. Změříme voltmetrem hodnotu napětí (při dané hodnotě proudu). Pak už

pro konkrétní zdroj napětí můžeme snadno spočítat hodnotu odporu “předřadného” rezistoru. Tím je vše potřebné velmi rychle a jednoduše určené.

Závěr

Přeji mnoho radosti (z „poznávání“) s touto pomůckou.

Literatura

- [1] Piskač V.: *Stabilizace proudu a napětí*, str. 8-9. Dostupné online: https://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/elektro/stabilizace_proudu_a_napeti.pdf
- [2] [online]. [cit. 2023-11-17]. Dostupné: <https://hadex.cz>
- [3] [online]. [cit. 2023-11-17]. *Měření Planckovy konstanty*. Učebnice E-MANUEL: Dostupné online: <https://e-manuel.cz/kapitoly/kvantova-optika/praktika/mereni-planckovy-konstanty/>
- [4] [online]. [cit. 2023-12-14]. *Dataseet LM317T*. Dostupné: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm317.pdf>

Pokusy a hračky s otazníkem ze staré krabice

Věra Pejčochová

ZŠ Brno, Novolíšeňská

Abstrakt

Na dílně bylo představeno několik pokusů a hraček z krabice, kde si uschovávám různé odzkoušené nápady z různých oblastí fyziky. Využívám je jako motivační prvky k zahájení nového tematického celku, pro praktické zkoušení žáků, ale i jako zadání úkolů pro badatelskou činnost nebo skupinovou práci žáků. Mnohé jsem využila v zájmové činnosti nebo i ve fyzikálním divadle.

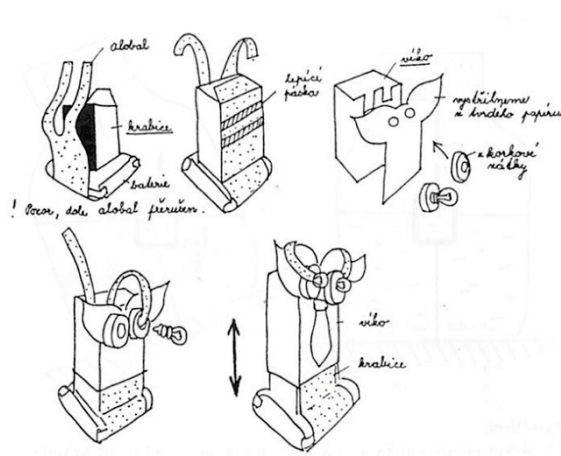
Moje nejstarší elektrická hračka – Strašidlo z vodiče a izolantu

Potřeby: šablona č. 1, baterie 4,5 V, velká krabička od zápalek, lepidlo, korková zátka, 2 malé žárovčky, alobal, úzká izolepa, nůž, nůžky

Provedení:

Nejdříve žákům ukážeme hotové strašidlo. Ohneme kontakty baterie k alobalu, který je přilepený na baterii. Kontakty přidržíme, čímž uzavřeme elektrický obvod. Druhou rukou pohybuje vnější krabičkou nahoru a dolů. Žárovky budou svítit, pak zhasnou, pak se opět rozsvítí.

S žáky hledáme odpověď, jak je to možné? Co to způsobuje?



Strašidlo zhotovíme postupně podle obrázků. Pásky z izolepy stříháme úzké. Pozor při vkládání žároveček do otvoru v korkovém kolečku – alobalové pásky se musí dotýkat objímky žárovečky (2. kontakt). 1. kontakt je kovový konec žároveček, který se musí dotýkat a jezdit po alobalu nalepeném na dnu vnitřní části krabičky od zápalek.

Vysvětlení:

Pokud se konce žároveček dostanou na alobal (vodič), uzavře se elektrický obvod a žárovky svítí. Pokud se konce žároveček dotýkají izolepy (izolant), je elektrický obvod otevřen, žárovky nesvítí, protože jimi neprochází elektrický proud.

Dvě jednoduché aktivity

a) Obdélník s částí spirály

Potřeby: obdélníková šablona č. 2 s nakreslenou částí spirály, nůžky, kancelářská sponka,

Úkol: Žákům rozdáme nastříhané obdélníky a zaúkolujeme je, aby vymysleli způsob co udělat, aby „vznikla“ celá spirála.

Provedení:

Obdélník nastříháme z obou užších stran (zleva v jedné třetině zdola, zprava v jedné třetině shora) asi do dvou třetin delší strany. Krajiní pásy ohneme a spojíme kancelářskou sponkou. Vznikne vírník. (Horní část je šikmá – 2 vrtule, kancelářská sponka je dole.) Vírník chytíme za oba horní kraje a volně pustíme z výšky dolů. Vírník se otáčí a my vidíme celou spirálu.



Vysvětlení:

Vírník padá k zemi, protože na něj působí gravitační síla. Proti tomuto pohybu působí odpor vzduchu. Tato odporová síla tlačí na šikmé části vírníku (jakési vrtule) a vírníky roztáčí. Vírník se otáčí velmi rychle, proto díky setrvačnosti oka vidíme celou otáčející se spirálu.

b) Kompas rychle a jednoduše

Potřeby: 2 malé kruhové magnetky, kousek tenkého provázku

Úkol: Vymysli jednoduché a rychlé zhotovení kompasu.

Provedení:

Magnety dáme k sobě nesouhlasnými póly a mezi ně vložíme provázek. Nesouhlasné póly magnetek se přitahují, a tato síla je dostatečně velká, aby udržela magnetky visící na provázku.

Vysvětlení:

Visící magnet se díky magnetickému poli Země otočí ve směru – sever – jih.



Mechanické hračky z plastových nápojových víček

a) Kývající se akrobatický medvěd

Potřeby: šablony č. 3, kancelářský papír do kopírky 160 g, 2 plastová nápojová víčka, plastelína, nůžky, elektrická páska, lepidlo

Provedení:

Nejdříve ukážeme dětem hotový výrobek – kývajícího se medvídka a diskutujeme o tom, jak je zhotoven. Pohyb medvídka ukazuje, že medvídek musí mít stálé těžiště nízko u okraje.

Pak začneme hračku vyrábět. Do jednoho víčka k okraji přimáčkne hrudku plastelíny. Můžeme vyzkoušet jednou méně, podruhé více plastelíny. Pak k víčku s plastelínou přiklopíme druhé víčko a víčka spojíme kouskem elektrické pásky. Spleená víčka vychýlíme z rovnovážné polohy a sleduje co se děje, víčka se vrací do rovnovážné polohy a pohybují se ještě dále na druhou stranu....to se opakuje až do zastavení. Kulaté dno jednoho víčka natřeme dobře lepidlem, spleená víčka necháme stát v rovnovážné poloze a přilepíme vystřiženého papírového medvídka.

Vysvětlení:

Plastelína drží ve víčku na stálém místě a její umístění snižuje polohu těžiště hračky, které je v plastelíně blízko kraje víčka. Po vychýlení hračky do boku, má hračka tendenci vrátit se do polohy, kdy je těžiště co nejnižší. Má-li dostatek energie, pohybuje se na druhou stranu, pak zpět... až do zastavení v rovnovážné poloze.

Poznámky:

- Žáci si sami vyzkouší, jak množství plastelíny ovlivňuje kývavý pohyb.
- Mohou si zhotovit vlastní šablony. Stačí na bílý karton obkreslit 2 překrývající víčka, a pak nakreslit svůj obrázek.
- Obrázky mohou být motivovány i Vánocemi nebo Velikonocemi.
- Na zhotovení hračky můžeme použít i větší víčka – od mléka, od instantní kávy.



b) Kutálející se medvěd

Potřeby: šablony č. 4, kancelářský papír do kopírky 160 g, 2 plastová nápojová víčka, skleněná kulička, nůžky, elektrická páska, lepidlo, kus kartonu s nalepenou textilií (nakloněná rovina)

Provedení:

Nejdříve ukážeme dětem hotový výrobek – medvídek dělá kotouly na nakloněné rovině. Diskutujeme o tom, jak je hračka zhotovena. Pohyb medvídky ukazuje, že se těžiště hračky může měnit.

Pak začneme hračku vyrábět. Do víčka dáme skleněnou kuličku. Pak k víčku s kuličkou přiklopíme druhé víčko a víčka spojíme elektrikářskou páskou.

Plášť vzniklého válce ze slepených víček natřeme lepidlem a přilepíme šablonu s nohama. Pak dolepíme část šablony s hlavou.

Medvídku dáme na nakloněnou rovinu hlavou dolů a pustíme ho. Medvídek se pohybuje dolů po nakloněné rovině a dělá přitom kotouly.



Vysvětlení:

Dáme-li hračku na nakloněnou rovinu, gravitační síla, působící na kuličku, se rozkládá na 2 složky. Složka působící vodorovně s nakloněnou rovinou způsobuje pohyb kuličky. Kulička se pohybuje dolů, přitom se otáčí a táhne s sebou slepená víčka i s papírovou šablonou. (Tato šablona musí být nalepená tak, aby se při pohybu dolů kolem víček stáčela.)

Moje nejnovější papírová hračka – mlsný medvěd s nakloněnou rovinou

Potřeby: šablony č. 5, karton do kopírky 160 g, lepidlo na papír, malé nůžky, nůžky, pravítko, (pastelky)

Provedení:

Šablony nakopírujeme na bílý karton do kopírky 160 g a podle plných čar vystříhneme. Malými nůžkami vystříhneme i otvory v medvědovi i v šabloně krabičky. Čárkované čáry obtáhneme podle pravítka špičkou nůžek a ohneme.

Vyznačený úzký ohnutý proužek na nakloněné rovině natřeme lepidlem, provlečeme delším otvorem v krabičce a dobře přilepíme na její lícové straně. (Tím zajistíme „dobré“ vypadávání kartiček z břicha.) Medvídku přilepíme ke stěně krabičky s otvory. (Otvory se musí krýt. Nakloněná rovina je za stěnou.)

Pomocí záhybu slepíme krabičku. Před slepením zkontrolujeme, že proužek na nakloněnou rovinu je uvnitř krabičky.

Nakloněnou rovinu uvnitř krabičky opřeme o horní hranu zadní stěny krabičky, narovnáme ji a zbytek ohneme podle horní hrany za krabičku. (Pokud se nám zdá tento zbytek dlouhý, můžeme kousek odstříhnout, případně na zadní stěně krabičky přichytit lepicí páskou.) Spodní konec noh trochu ohneme dopředu. Krabičku s medvědem postavíme (mírně zešikma).

Malé kartičky se 2 obrázky ohneme podle čárkované čáry a slepíme k sobě.

Pak obrázky vhazujeme do huby medvídku, např. rybku, bříškem vypadne druhá strana obrázku – kostra rybky.

Vysvětlení:

Vhozený obrázek narazí na nakloněnou rovinu, sklouzne po ní, a přitom se obrátí na rubovou stranu.



Padající medvěd na svislé kartonové stěně

Potřeby: větší obdélníkový kus pevného kartonu, kousek bílého kartonu do kopírky 160 g, lepidlo Herkules, nůžky, pravítko, tužka, fix, vatové kolíčky („uchošťoury“), izolepa, kousek silnějšího brčka, kovová podložka (mince 50 Kč), silnější jehla

Provedení:

Na kartonu si pomocí pravítka a tužky rozměříme umístění „kolíčků“ (viz foto). V označených místech karton propíchneme.

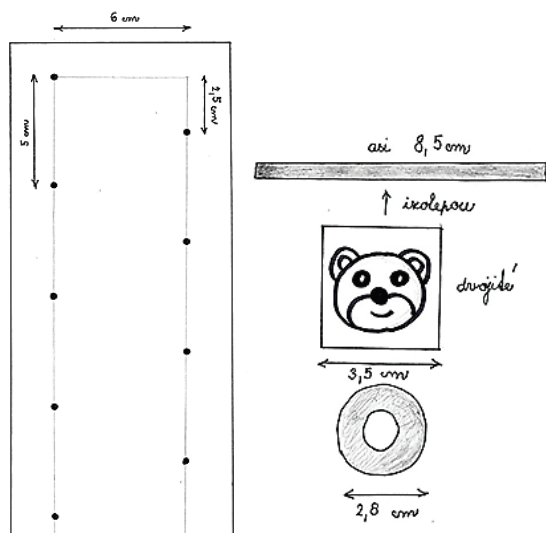
Vatové kolíčky rozstříhneme v polovině. Konec každé tyčinky bez vaty namočíme do lepidla Herkules, zastrčíme ho do místa propíchnutého jehlou, narovnáme ho kolmo ke kartonu, a necháme dobře zaschnout.

„Padajícího medvídká“ vyrobíme ze silnějšího brčka (na začátek ustříhneme asi 13 cm), ke kterému pomocí izolepy nalepíme čtvercový dvojitý čtverec o straně asi 3,5 cm. Na přední stranu nakreslíme medvěda, na zadní stranu nalepíme kovovou podložku (průměr asi 2,8 cm) nebo minci 50 Kč. Pak brčko musíme zkrátit. Jak to uděláme, nám napoví obrázky. (Brčko je u jedné tyčinky v ohybu u čtvercové kartičky, druhou část brčka ustříhneme u vyššího brčka na druhé straně. Brčko bude dlouhé asi 8,5 cm.)

Karton postavíme do svislé polohy. Brčko s postavičkou dáme zešikma na 2 horní brčka a pustíme. Medvídek padá po svislé stěně dolů a vždy se střídavě otáčí na tyčince na jedné straně, pak na druhé straně.

Vysvětlení:

Díky nalepené zátěži působí na kartičku s papírovou kartičkou velká gravitační síla. Kartička padá po svislé stěně dolů, v ohybu se vždy zachytí o tyčku, otočí se, opět padá dolů, zachytí se o nižší tyčinku na druhé straně... děj se opakuje.



Páka 2× z jednoduchých pomůcek

a) Páka jednoduše (motivační pokus k otáčivému účinku síly, pro menší děti nebo na fyzikální divadlo)

Potřeby: dřevěná tyč, 3 klipsové sponky, háčky se šroubky, stejně velká jablka (brambory, pravítko)

Provedení:

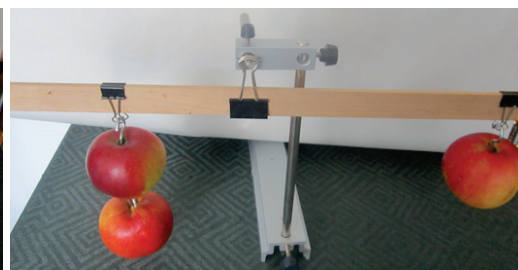
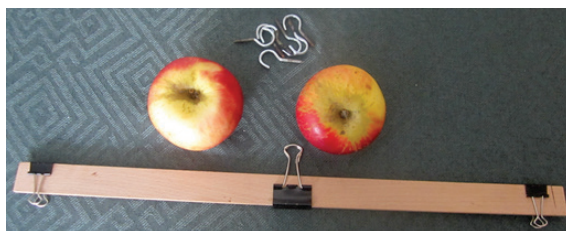
Páka je otáčivá tyč. Vyrobíme si ji z dřevěné tyče a klipsových sponek a zavěsíme ji na stojan. Jako závaží budeme používat stejná jablka, do kterých zavrtáme háček se šroubkem.

Na páku zavěsíme jedno jablko a druhé jablko zavěsíme na druhé straně ve stejné vzdálenosti od osy otáčení. Páka je v rovnovážné poloze.

Ukousneme kus jednoho jablka, Rovnováha se poruší. Posuneme celé jablko tak, aby byla páka opět v rovnovážné poloze. Celé jablko musíme posunout blíže k ose otáčení.

Vezmeme další jablko a přidáme ho k jednomu jablku na jedné straně. Rovnováha se opět poruší. Aby se obnovila rovnovážná poloha na páce, musíme jablka posunout blíže k ose otáčení do poloviční vzdálenosti.

Pokus můžeme zopakovat se 3 jablky....



Vysvětlení:

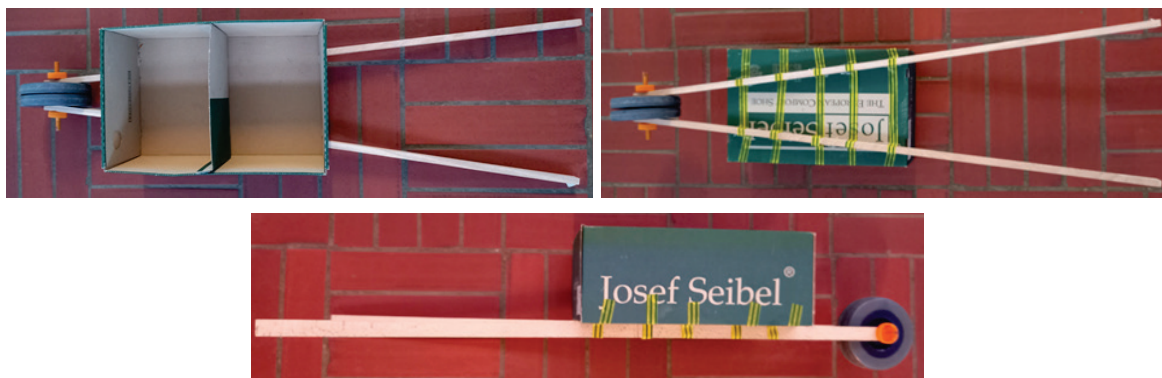
Z našich pokusů můžeme udělat závěr – aby byla páka v rovnovážné poloze, musí větší hmotnosti zátěže, tedy větší síle působící na páku, odpovídat menší vzdálenost působíště síly od osy otáčení, a naopak.

b) Kolečko – trakař jako páka

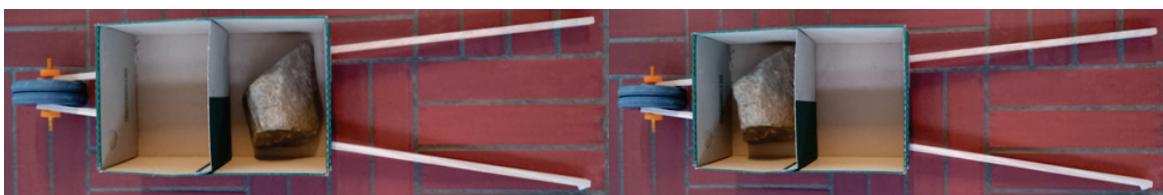
Potřeby: 2 dřevěné tyče, krabice od bot, kousek kartonu na přepážku, kolečko od vysavače (velká špulka od nití), tužka, oboustranná lepicí páska na větší zátěž, elektrikářská páska, 2 víčka z PET lahví, nůžky, vrták, malá pilka, velký kámen, igelitová taška

Provedení:

Trakař vyrobíme podle obrázků. Trakař představuje praktické užití páky s osou otáčení v ose kolečka trakaře.



Velký kámen dáme do igelitové tašky a zvedneme ho. Potřebujeme k tomu dost velkou sílu.



Pak dáme kámen do zadní části kolečka – trakaře. Zvedneme ho. Kámen dáme do přední části trakaře. Zvednout kámen je teď snadnější.

Vysvětlení:

Rameno síly ruky se nemění. Rameno síly „kamene“ se mění. Je-li kámen blízko osy otáčení, je moment síly kamene menší než v případě, když je od osy dále. Držím-li trakař, je „páka“ v rovnovážné poloze, tj. moment síly ruky se rovná momentu síly kamene. Proto v případě, kdy je kámen blíže osy, naše ruka drží trakař menší silou, než když je kámen od osy otáčení dále.

Dvě fyzikální drobnosti ze špejlí a plastové podložky

a) Hlavalam Fukar

Potřeby: tvrdá plastová podložka do sešitu, špejle, nůžky, malé špičaté nůžky, (lepidlo), kružítko nebo mince

Provedení:

Z plastové podložky vystříháme 2 kruhy (o průměru 3 cm a o průměru 2,6 cm). Uprostřed koleček uděláme špičkou malých nůžek otvory. Menší kolečko má větší otvor, aby se mohlo volně pohybovat po špejli. Větší kolečko má menší díрку, aby drželo na

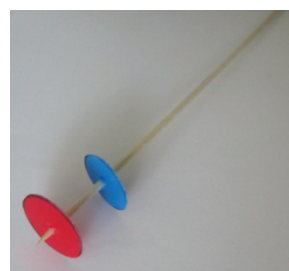
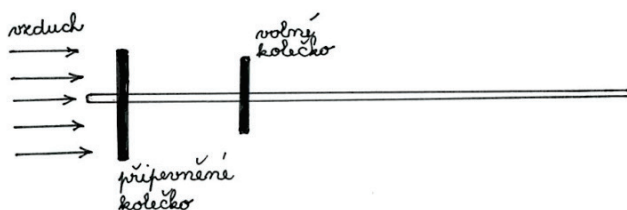
špejli pevně. Na špejli přes špičku nejdříve navlékneme menší kolečko, pak natáhneme na kraj větší kolečko, které se nebude pohybovat.

Hlavlou dáme větším kolečkem vodorovně před ústa. Menší kolečko dáme do vzdálenosti asi 3 cm od většího kolečka. Co se teď stane, když prudce foukneme na větší kolečko? Menší kolečko se přitáhne k většímu.

Vysvětlení:

Je-li menší kolečko blíže k většímu, stane se, že se vzduch přes menší kolečko přefoukne. Mezi kolečky nastane podtlak vlivem řidšího vzduchu a větší tlak vzduchu z druhé strany menšího kolečka ho natlačí ke kolečku většímu.

Poznámka: Zvětšíme-li vzdálenost mezi kolečky, v určité vzdálenosti se menší kolečko „oddálí“ od většího.



b) Vrtulník „Muška“

Potřeby: tvrdá plastová podložka do sešitu, špejle, nůžky, malé špičaté nůžky, pravítko, tužka, (lepidlo)

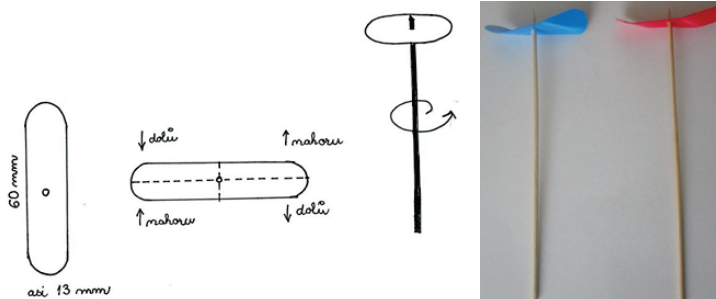
Provedení:

Na plastovou podložku nakreslíme list „rotoru vrtulníku“ podle obrázku a vystříhneme ho. Špejli zkrátíme na $\frac{3}{4}$ délky. Uprostřed listu uděláme ostrou špičkou malých nůžek opatrně díрку. List nasadíme přes špičku na konec špejle, aby pevně držel. Prsty upravíme polovinu listu rotoru tak, že jednu část stočíme nahoru a druhou dolů. Druhou polovinu listu upravíme opačně.

Pak dáme volný konec špejle mezi dlaně, kterými prudce třeme, a vrtulník vypustíme. Vrtulník se roztočí a vzlétne ke stropu.

Vysvětlení:

Roztočíme-li rotor vrtulníku, jeho zahnuté části stlačují vzduch pod sebe. Vzniká aerodynamická vztlaková síla, která zvedá vrtulník ke stropu.



Dvě pomůcky na pokusy do fyziky jako dárek

a) Dva pokusy v jednom – víčko se 2 brčky

Potřeby: šroubovací víčko od zavařovací sklenice, 2 brčka s ohybem, vrtačka, vrták 0,5cm, (malé nůžky, šídlo), zavařovací sklenice 0,7 l, voda, kbelík (mísa)

Provedení:

Zhotovení pomůcky:

Do šroubovacího víčka uděláme v blízkosti okraje 2 otvory o velikosti odpovídající tloušťce brčka s ohybem. Do otvorů zasuneme brčka. Pro případné utěsnění můžeme použít kvalitní plastelinu (z vnitřní části víčka).

Střička

Brčka v ohybu ohneme a víčko našroubujeme na sklenici s vodou. Do brčka, které je nad hladinou vody, foukáme. Z druhého brčka, které je ponořeno ve vodě, stříká voda.

Vysvětlení:

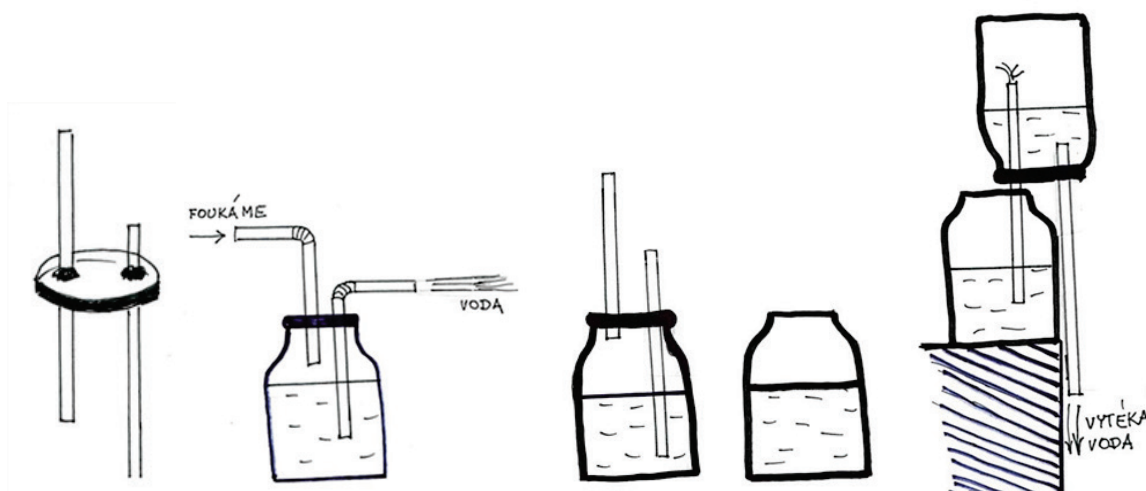
Foukáním vzduchu jedním brčkem do sklenice zvětšujeme tlak vzduchu nad hladinou vody. Větší tlak než je atmosférický tlak, pak vytlačí vodu do druhého brčka.

Vyprazdňování sklenice s vodou pomocí sklenice s vodou

Brčka posuneme, jedno téměř až k horní části víčka, druhé prodloužíme na „rubovou stranu“. Víčko našroubujeme na sklenici s vodou. Pak tuto sklenici rychle otočíme „vzhůru nohama“, jak ukazuje obrázek. První brčko je zasunuté do druhé sklenice s vodou, z druhého brčka vytéká voda. (Pod toto brčko dáme kbelík nebo mísu.)

Vysvětlení:

Voda vytéká z uzavřené sklenice. Vzduch nad hladinou vody zvětšuje svůj objem, čímž se zmenšuje jeho tlak. Do místa nižšího tlaku je nasávána voda z první sklenice (princip Heronovy fontány).



b) Souprava na elektrostatický vějíř

Potřeby: několik platových brček s ohybem, papírový kapesníček, nit, jehla, sklenice, špejle

Provedení:

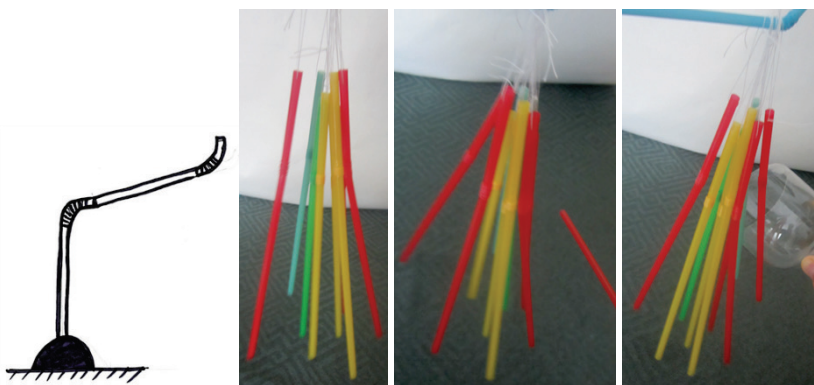
Z plastelíny a 2 brček uděláme stojánek. Nit navlékneme do jehly, jehlou propíchneme kraj brčka (nad ohybem) a zavážeme smyčku. Takto připravíme 10 brček.

Brčka postupně třeme papírovým kapesníčkem a věsíme je na stojánek. Brčka se budou vzájemně odpuzovat, vytváří jakýsi vějíř.

Vezmeme 1 brčko bez nitě, třeme ho kapesníčkem, a pak ho přiblížíme k vějíři (nejlépe dole). Brčka ve vějíři se od tohoto brčka odpuzují, někdy se vějíř i roztočí.

Vezmeme sklenici, třeme ji papírovým kapesníčkem a přiblížíme k vějíři. Tentokrát se brčka přitahují.

Můžeme zkusit přiblížit špejli. Brčka ve vějíři se ke špejli přitahují.



Vysvětlení:

Třeme-li brčko papírovým kapesníčkem, vzniká na brčku záporný elektrický náboj (brčko se zelektruje). Všechna visící brčka mají záporný náboj, proto se odpuzují. Sklenice při tření získala kladný náboj, proto se brčka ke sklenici přitahují. Zelektrovaná brčka se přitahují k elektricky neutrální špejli.

2 problémové úlohy

a) Kuličkový hlavolam

Potřeby: 2 plastové skleničky (2 uřezané stejné PET láhve s hrdlem a víčkem), 2 skleněné kuličky, izolepa

Provedení:

Do skleničky dáme 2 kuličky. Přiklopíme druhou skleničkou. Obě skleničky k sobě slepíme izolepou. Soupravu položíme vodorovně na stůl, kuličky jsou uprostřed.

Vytvořili jsme zajímavý hlavolam: Co musíme udělat, abychom současně dostali každou kuličku na jeden kraj?

Vysvětlení:

Stačí, abychom soupravu uprostřed uchopili a rychle ji roztočili. Kuličky se budou pohybovat díky odstředivé síle ke kraji soupravy, každá na jinou stranu.



b) Hadicové pokusy

Potřeby: plastová ohebná hadice, voda, sůl, potravinářská barva, potravinářský olej, 2 injekční stříkačky

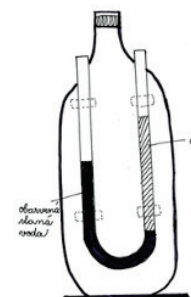
Provedení:

Pokusy s hadicí, ve které je voda, jsou běžně známé. (Jak se chovají hladiny vody v jednotlivých ramenech ohnuté hadice? Co se stane, když jedno rameno zvedneme?) Hladiny jsou vždy ve stejné výšce.

V pracovních sešitech však často najdeme obrázek, kde hladiny nejsou ve stejné výšce. Jak tento pokus zrealizovat: Připravíme si 2 roztoky, které se nemíchají a mají dost odlišnou hustotu – hodně slanou obarvenou vodu a olej.

Vysvětlení:

Olej má menší hustotu než slaná voda, proto jeho hladina bude výše.



Vodní čočky různě

a) Vodní čočky spojky (jednoduše)

Potřeby: 2 menší zavařovací sklenice s víčkem, oboustranná barevná tapeta na jedné straně lepící, voda,

Provedení:

Z tapety vystříhneme 2 stejné tvary a nalepíme je nad sebou na sklenici. Do poloviny sklenice dáme vodu. Díváme se na obrázky, které jsou na zadní straně. Obrázek, který je za vodou, se zvětšil, který je za vzduchem, je stejný.

Z tapety vystříhneme 2 zvířátka, z jiné tapety 2 stromy. Zvířátka nalepíme nad sebou na přední straně, stromy nad sebou na zadní straně. Opět nalijeme do poloviny vody. Strom, který je za vodou, se zvětšil.

Vysvětlení:

Voda ve válcové nádobě je vodní čočka, která zvětšuje.



b) Pokusy s různými vodními čočkami – 1. způsob

Potřeby: hlubší tác, 2 dřevěné tyčky, tavná pistole, malá figurka, voda, brčko, válcová sklenička zhotovená ustřížením z PET láhve, průhledná krabice od Ferrero Rocher, džbánec na nalévání vody

Provedení:

Na tác rovnoběžně přilepíme tavnou pistolí 2 dřevěné tyčky kousek od sebe. Na tyčky postavíme figurku. Figurku přikryjeme válcovou nádobkou. Na figurku se podíváme přes vzduch (obr. 1).

Na tác nalijeme vodu. (Voda musí sahat nad okraj nádoby.) Vezmeme ohnuté brčko a zastrčíme ho dovnitř nádoby. Brčkem vysáváme z nádoby vzduch, do nádoby se nasává voda. Tvar figurky se změnil, figurka ztloustla (obr. 2).

Pak figurku s válcovou nádobkou přikryjeme průhlednou krabicí. Do tácu doplníme vodu. Vezmeme ohnuté brčko a zastrčíme ho dovnitř průhledné krabice. Brčkem vysáváme z krabice vzduch, do krabice se nasává voda. Tvar figurky se změnil (obr. 3).

Ohnuté brčko zasuneme až do válcové vody. Brčkem se nasává do této nádoby vzduch (voda vytéká). Obraz figurky se opět změnil (obr. 4).



Pokusy s různými vodními čočkami – 2. způsob

Potřeby: hranatá průhledná nádoba, válcová průhledná nádoba ustřížená z PET láhve, tyčka, tavná pistole, voda, džbánec

Provedení:

Válcovou nádobu přilepíme k tyčce. Dovnitř přilepíme figurku. Na figurku se díváme přes vzduch (obr. 1).

Do válcové nádoby nalijeme vodu a podíváme se na figurku přes vodu. Figurka ztloustla (obr. 2).

Nádobku s figurkou a vodou ponoříme do průhledné hranaté nádoby. Podíváme se na figurku. Tvar se změnil (obr. 3).

Pak z válcové nádoby vylijeme vodu a ponoříme ji do hranaté nádoby s vodou. Tvar figurky se opět změnil (obr. 4).



Vysvětlení:

Za změny tvaru figurky může lom světla, který nastává při přechodu světla z jednoho optického prostředí do druhého. V 1. případě figurka ztloustla díky tomu, že válcová nádoba s vodou vytvořila vodní čočku „spojku“. Ve 2. případě jsme změnili mohutnost čočky. Ve 3. případě jsme dokonce vytvořili vodní čočku „rozptylku“.

Literatura

- [1] Bdinková V. a kol.: *Hrajeme si s fyzikou, Klub malých debružárů ZŠ Klobouky u Brna, 1997*
- [2] Pejčochová V., Raczkowska-Tomczak K., Opaska A.: *Pokusy přes hranici*, In: Veletrh nápadů učitelů fyziky 20. Sborník z konference. Ed. V. Koudelková. Dostupné online: http://vnuf.cz/sbornik/prispevky/pdf/20-22-Pejcochova_V,_Raczkowska-Tomczak_K,_Opaska_A.pdf
- [3] <https://www.youtube.com/user/totylkofizyka>
- [4] <https://www.arvindguptatoys.com/toys/Bottlecaptumbler.html>
- [5] <https://cz.pinterest.com/>

Fyzika v knihách Julese Verna

Lenka Sekaninová a Gabriela Dankaninová

Gymnázium Brno-Řečkovice, Brno a ZŠ Mendíků Praha

Abstrakt

Patrně neexistuje nikdo, kdo by v životě neslyšel o knihách Julese Verna. Dobrodružné cesty balonem, ponorkou i všemi možnými prostředky kolem světa spoluprožíval s jeho hrdiny snad každý. Dílna je inspirována díly Julese Verna a jeho 190. výročí narození. Může být tedy inspirací pro doplnění konkrétní kapitoly ve fyzice, náplň projektového dne nebo týdne ve spolupráci s jinými předměty, popřípadě téma do zájmového kroužku. Doplnily jsme dílnu i výrobou „cestovních prostředků“ – ponorka, balón a vznášedlo.

Úvod

Dílna vznikla na základě konkrétní hodiny Gabriely Dankaninové na ZŠ Mendíků v Praze, kterou připravila ve spolupráci s učitelkou češtiny při probírání vědeckofantastické literatury, konkrétně o Julesi Vernovi. Původně šlo tedy o mezipředmětové vztahy. Nám se téma zalíbilo a tak jsme ho chtěly rozšířit a zaměřit se na fyziku. Naše dílna byla doplněna vlastní tvorbou modelu ponorky, horkovzdušného balónu a vznášedla.

Náměty

Na úvod je vhodné seznámit žáky s osobností Julese Verna, jeho životem, díly a zamyšlením, zda může být i dnes inspirací.

Možnosti:

- ukázat knihy (mnozí je nikdy neviděli, ilustrace stojí za zhlédnutí)
- nakopírovat a každému dát možnost si přečíst ukázkou, prodiskutovat, jak je pro současnou mládež text složitě napsaný (viz příloha). Můžete pro srovnání použít převyprávěné romány od Ondřeje Neffa.[1]
- pustit ukázkou z rozhlasové hry nebo z audioknihy
- využít rozhlasový projekt Léto s Vernem [2] (viz níže podrobněji)
- vytvořit pracovní list s dotazy na věci z ukázky, například Gábina dělala převody jednotek (viz prezentace v příloze)
- dopředu zadat žákům jednotlivé knihy (ukázky, rozhlasové hry...), aby si připravili podklady a spolužáky seznámili s tím, jaké souvislosti s fyzikou našli
- vyrobit si model dopravního prostředku inspirovaný knihami například *20 000 mil pod mořem* nebo *5 neděl v balónu* apod.

Léto s Vernem

Mne osobně zaujal projekt Léto s Vernem [2], který byl vysílán během prázdnin na Českém rozhlasu Dvojka. Vznikl v roce 2018, kdy uplynulo 190 let od jeho narození. Jeho součástí je 20 rozhlasových her, jeden seriál a tři četby na pokračování. Pro učitele je jistě přínosem, že se zde k vynálezům vyjadřují i současní vědci a v rámci rozhovoru hodnotí,

zda je daný jev možný či nikoliv. V přiložené prezentaci najdete stručný výčet fyzikálních jevů v osmi jeho knihách, z nichž Cesta na Měsíc je rozebrána podrobněji, tak jak to v hodině fyziky s žáky Gábina dělala. Odpovědi najdete na [2].

Na ukázkou názvy některých rozhlasových her z Léta s Vernem:

- Dvacet tisíc mil pod mořem Julese Verna očima vědců
- Vynález zkázy jako varování před zbraněmi šílenců
- Na kometě: podivuhodné cesty Julese Verna do vesmíru
- Vernův Robur Dobytel věřil v budoucnost letadel
- Pět neděl v balóně: Verne předpověděl satelitní snímkování
- Vernův hrad v Karpatech: pohádky nebo fyzika?
- Julese Verna Dobrodružství aeronautické

Praktická část – modely ponorky, balónu a vznášedla.

Nepatříme mezi kutily a tak jsme sáhly po již vyzkoušených návodech:

Ponorka je od Václava Piskače, najdete ji na jeho Fyzikálním šuplíku [3].

Horkovzdušný balón z termoizolační folie jsme vyzkoušely z webu soutěže Vím proč [4]

Vznášedlo, na které stačí jen CD, vršek od PET lahve a nafukovací balónek jsme si našly na youtube [5]

Závěr

Ponořte se do dobrodružství a odhalte tajemství Vernových vynálezů. Inspirujte děti k vyrábění modelů dle vlastní fantazie, a pokud to půjde, získejte je pro čtení literatury, aby se jejich představivost rozvíjela.

Literatura

[1] Léto s Vernem: Ondřej Neff: Dnešní děti nemohou Verna strávit. Dostupné online: <https://dvojka.rozhlas.cz/ondrej-neff-dnesni-deti-nemohou-verna-stravit-7594643>

[2] Léto s Vernem. Dostupné online: <https://dvojka.rozhlas.cz/leto-s-vernem-7564382>

[3] Fyzikální šuplík. Dostupné online: <https://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/Mechanika-tekutin.html>

[4] Horkovzdušný balón: Svět energie: Vím proč: Dostupné online: <https://www.svetenergie.cz/cz/vim-proc/video/2732>

[5] Vznášedlo z CD. Dostupné online: <https://www.youtube.com/watch?v=qPOvTurQfFg>

Atomy

Alena Šáfrová

Doctrina – Podještědské gymnázium Liberec

Abstrakt

Příspěvek zahrnuje soubor několika námětů na jednoduché aktivity, které lze využít při výuce tématu „Atom“ v hodinách fyziky a chemie na ZŠ i SŠ. Prezentované aktivity vycházejí z modelových představ, které u žáků a studentů podporují jejich prostorovou představivost a umožňují jim vizualizovat abstraktní pojmy a složité koncepty.

Atomová struktura

Výuková pomůcka byla vytvořena s cílem poskytnout podporu při výuce tématu Struktura atomu. Cílem je umožnit žákům porozumět struktuře atomu a rozvíjet schopnosti v pojmenování částic v atomu, popisu složení atomového jádra a v porozumění principu výstavby elektronového obalu. Žáci, kteří využívají tuto pomůcku, by měli být schopni na základě protonového a nukleonového čísla stanovit počet protonů, neutronů a elektronů v atomech. Měli by být schopni sestavit model příslušného atomu.

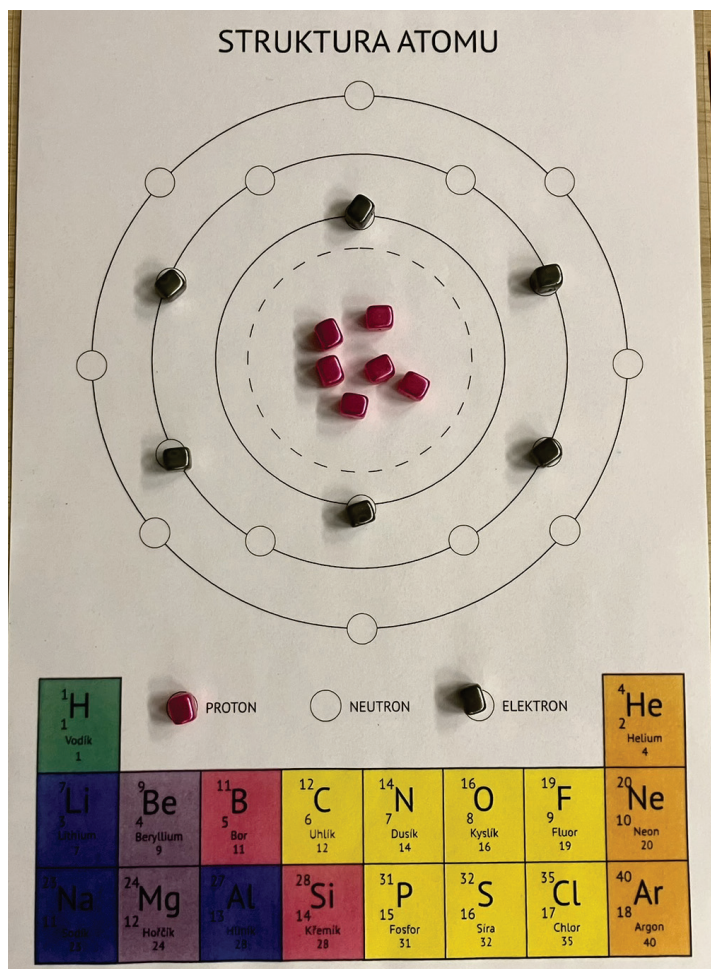
Pomůcka se skládá ze zalaminované karty formátu papíru A4 (viz příloha) a z korálků různých barev (obr. 1). Jedna karta znázorňuje model atomu se třemi elektronovými vrstvami. V každé elektronové vrstvě jsou vyznačena místa pro umístění elektronů a tím je současně uveden maximální počet elektronů, které daná vrstva může obsahovat. Oblast atomového jádra je vyznačena čárkovanou kružnicí. Pod obrázkem atomového modelu je legenda pro jednotlivé atomové částice, kde protony, neutrony a elektrony jsou reprezentovány odlišně barevnými korálky. V dolní části karty jsou informace o prvních třech periodách periodické tabulky prvků, kde jsou uvedeny symboly prvků spolu s jejich protonovým a nukleonovým číslem. S využitím informací uvedených v tabulce prvků a sadou korálků mohou žáci sestavovat modely vybraných atomů.

Tipy:

Pomůcku lze doplnit kartičkami se zadáním k sestavování atomů nebo s otázkami k individuální práci žáků. Volba otázek a jejich různá obtížnost umožňuje variabilní a interaktivní využití pomůcky.

Na zalaminovanou kartu lze psát smývatelnými fixy namísto pokládání korálků.

Pomůcku lze doplnit o model atomového jádra, kde lze demonstrovat jaderné síly a stabilitu či nestabilitu atomového jádra (obr. 2). V žákovské variantě je tato pomůcka vytvořena pomocí širšího plastového víčka od nápojů a korálků dvou různých barev. Korálky reprezentují protony a neutrony. Víčko představuje jaderné síly, které drží jádro pohromadě. Jaderné síly jsou velmi silné, ale pouze na krátkou vzdálenost. Při vkládání korálků – protonů a neutronů – do jádra, existuje určitý počet, při kterém jaderné síly již neudrží jádro pohromadě, a dojde k jeho samovolnému rozpadu. Pro frontální demonstraci lze tuto pomůcku vytvořit z nízkého průhledného kelímku nebo dna seříznuté plastové lahve a z pingpongových míčků dvou barev. Na míčky představující protony lze napsat symbol jejich kladného elektrického náboje.



Obr.1. Karta k výukové pomůcce Atomová struktura



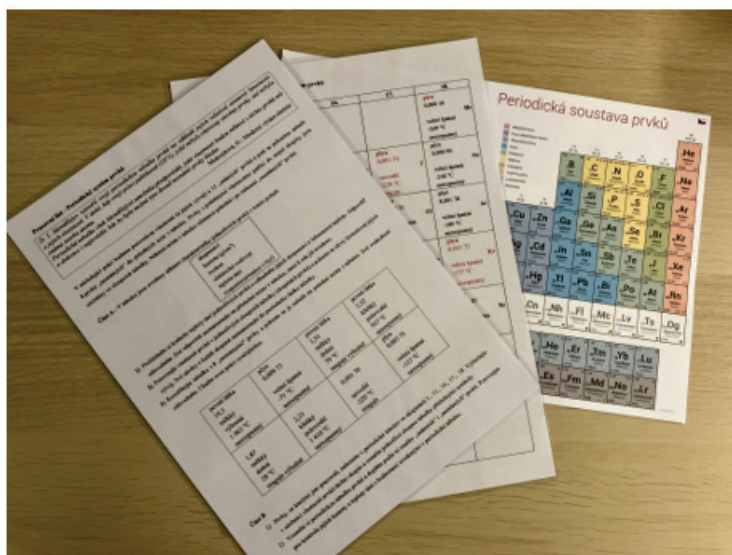
Obr. 2. Frontální a žákovský model atomového jádra

Periodický systém prvků

Očekávaným výstupem této aktivity je pochopení periodického zákona a vlastností prvků jednotlivých skupin. Pracovní list je určený pro samostatnou práci žáků.

V pracovním listě (viz příloha) mají žáci za úkol provést srovnání vlastností a vývoje vlastností u 15 „známých“ prvků. Žáci se poté pokusí zařadit 8 prvků, které jsou jim dosud

neznámé, do prázdných polí v tabulce. Tato tabulka zaměřuje pozornost na charakteristiky vybraných prvků, jako je skupenství, hustota, tvrdost, elektrická vodivost, teplota tání a rozpustnost ve vodě. Na základě těchto informací v tabulce bude žák analyzovat a soudit o možných společných vlastnostech prvků, které vyplývají z jejich umístění v periodické soustavě prvků. Následně budou žáci pracovat s periodickou soustavou prvků a doplní další informace, čímž si prohloubí své znalosti o vlastnostech prvků, které jsou důležité pro pochopení struktury a chování prvků v rámci periodické soustavy prvků.



Obr. 3. Pracovní list Periodický systém prvků

Izotopové krabičky

Izotopy mají stejné atomové číslo, a tudíž téměř identické chemické chování, ale různé atomové hmotnosti. Většina prvků nalezených v přírodě jsou směsí několika izotopů. Ve většině případů se v přírodě nacházejí pouze stabilní izotopy prvků. Radioaktivní formy se spontánně rozpadají na různé prvky. Izotopy všech prvků těžších, než bismut jsou radioaktivní; některé se vyskytují přirozeně, protože mají dlouhý poločas rozpadu.

V této aktivitě jednotlivé krabičky s korálky uvnitř (obr. 4) představují různé izotopy jednoho prvku, které se liší v počtu neutronů v jádře atomu, což ovlivňuje jejich hmotnost a nukleonové číslo. Izotopy jsou významné zejména pro jádro atomu a hmotnostní rozdíly mezi nimi, a proto se v modelu nepracuje s elektrony nacházející se v atomovém obalu. Modely izotopů lze vyrobit z jakýchkoliv stejných, ale rozlišitelných krabiček. Částice, protony a neutrony, musí být barevně odlišitelné předměty a měly by být stejně těžké, ve skutečnosti je jejich hmotnost téměř stejná.

Pomůcky: plastové krabičky (označené čísly), korálky dvou barev, vytištěná tabulka pro žáky (Tab. 1), váhy, periodická soustava prvků.

Postup pro výrobu izotopových krabiček: Naplňte očíslované krabičky představující:

- prvek 1 se 3 protony a 1,2,3 nebo 4 neutrony;
- prvek 2 se 6 protony a 5, 6 nebo 7 neutrony;
- prvek 3 se 9 protony a 8, 9, 10 nebo 11 neutrony.



Obr. 4. Izotopové krabičky

Návod pro žáka: (Žák může pracovat ve dvojici nebo samostatně.)

- 1) Vyplníte postupně tabulku (Tabulka 1) pro každý z izotopů (číslo krabičky) prvku: hmotnost izotopu, počet protonů a počet neutronů, název prvku, symbol izotopu.
- 2) Zvažte každý každou krabičku (izotop) a zaznamenejte u každé „izotopovou“ hmotnost.
- 3) Otevřete každou krabičku a zaznamenejte počet a barvu korálků v každé krabičce. Žákům bude sděleno, které barvy představují protony a neutrony.
- 4) Krabičku zpět naplníte korálky a uzavřete ji.
- 5) S využitím periodické soustavy prvků a údajů o počtu protonů jednotlivých izotopů určete, kterému prvku izotop patří. Název prvku запиšte do tabulky.
- 6) Do tabulky запиšte symboly izotopů.
- 7) Na základě doplněných údajů v tabulce diskutujte: Jak se od sebe liší izotopy prvků?

Tabulka 1. Tabulka pro žáky – Izotopy

Číslo krabičky	Hmotnost (g)	Počet protonů	Počet neutronů	Název prvku	Symbol izotopu
Např.		3	1	lithium	${}^4_3\text{Li}$
		3	2	lithium	${}^5_3\text{Li}$
		3	3	lithium	${}^6_3\text{Li}$

Formativní hodnocení – příklady otázek:

10. Jak se od sebe liší izotopy prvků?

(Izotopy prvku se liší v počtu neutronů v jádru atomu, zatímco mají stejný počet protonů (což určuje chemické vlastnosti prvku). To znamená, že izotopy stejného prvku mají stejné protonové číslo, ale různé nukleonové číslo (součet protonového čísla Z a neutronového čísla A). Tento rozdíl v počtu neutronů ovlivňuje hmotnost a stabilitu izotopů.)

11. Ovlivňuje izotopová hmotnost identitu prvku? (Ano)

12. Co platí o počtu protonů pro každý izotop téhož prvku?

(Počet protonů mají izotopy daného prvku stejný.)

13. Jak se nazývá toto množství protonů? (Protonové číslo Z , též atomové číslo)

14. Mohou mít různé atomy téhož prvku různý počet neutronů? (Ano.)

15. Jak se nazývá součet počtu protonů a neutronů? (Nukleonové číslo A)

16. Jak se nazývají tyto různé formy atomů téhož prvku? (Izotopy prvku)

17. Identifikujte každý „prvek“ a uveďte jeho atomové číslo.

Tip: Žáci mohou vypočítat průměrnou atomovou hmotnost.

Žáci často zaměňují hmotnostní číslo A (nukleonové číslo) daného izotopu s atomovou hmotností prvku. Je důležité zdůraznit, že hmotnostní číslo konkrétního izotopu prvku musí být žákovi sděleno, aby mohl vypočítat počet neutronů. Žáci mají často mylnou představu, že hmotnostní číslo daného izotopu prvku lze určit zaokrouhlením atomové hmotnosti prvku (nachází se uvedená v periodické soustavě prvků).

Nukleonové číslo se rovná celkovému počtu nukleonů (tedy protonů a neutronů) v atomovém jádře daného prvku. Různé izotopy daného chemického prvku mají rozdílné nukleonové číslo a tedy rozdílnou hmotnost.

Při určování atomové hmotnosti určitého prvku se berou v úvahu hmotnosti všech jeho izotopů a jejich relativní zastoupení v přírodě. Toto se nazývá průměrná atomová hmotnost. Průměrná atomová hmotnost prvku je vážený průměr hmotností jeho izotopů, přičemž váhy jsou dány podle jejich zastoupení.

Historie modelů atomů

Očekávaným výstupem aktivity je poskytnout žákům vhled do historie vývoje představ o složení látek a modelech atomů a porozumění postupnému vývoji myšlenek od starověkých počátků až po moderní teorie.

Pomůcka se skládá ze šesti zalaminovaných karet formátu papíru A4 a ze sady zalaminovaných kartiček s textem (obr. 5). Každá z těchto šesti karet znázorňuje model atomu příslušného historického období, spolu s uvedením letopočtu a významné osobnosti, která je s tímto modelem spojena. Soubor kartiček s textem (informační lístky) obsahuje jména vědců, kteří v historii přispěli k výzkumu atomu, a související informace se zavedením atomového modelu (viz Příloha).



Obr. 5. Pomůcka Historie modelů atomů

V úvodu hodiny rozložíme jednotlivé karty s obrázky modelů na tabuli v náhodném pořadí, přičemž jména a rok překryjeme lepidlem označeným písmenem A–F (je třeba toto připravit předem – obr. 6).



Obr. 6. Rozložení karet na tabuli

Představíme žákům obrázky s různými modely atomů a vyzveme je, aby je přeorganizovali podle toho, jak si myslí, že byly postupně vytvářeny. Letopočty a jména na obrázcích zatím zůstanou zakryté (papírovým lepidlem). Po diskusi o uspořádání obrázků žáky rozdělíme do skupinek a dáme jim sadu kartiček s textem. Jejich úkolem bude přiřadit informační lístečky k osobnostem na kartičkách. Mohou využívat digitální technologie k vyhledávání informací na internetu. Obtížnost spočívá i v nerovnoměrném počtu informačních lístků k jednotlivým osobnostem, například James Chadwick nemá žádný. *(V této fázi je zadání činnosti individuální podle věku a znalostí žáků a podle potřeb učitele.)* Po rozřazení následuje společná kontrola chronologicky od Démokrita. Učitel čte správné informace a ptá se žáků, který obrázek modelu atomu odpovídá daným informacím, a postupně odkrývá lepidlo. Správný obrázek se pak umísťuje do chronologické řady. V případě nesprávné volby se hledá alternativa. Tímto způsobem postupujeme s dalšími informacemi a postupně odhalujeme obrázky modelů atomů. Na závěr hodiny se zaměříme na Jamese Chadwicka, osobnost bez informačního lístečku, a podnětujeme diskusi o přínosu jednotlivých vědců v utváření moderního chápání struktury atomu. Zároveň reflektujeme vytvoření modelu atomu s objevem elektronu, protonu a neutronu jako základní stavební kameny hmoty.

Rutherfordův experiment

V roce 1909 provedli Hans Geiger a Ernest Marsden pod vedením Ernesta Rutherforda experiment, jehož cílem bylo zkoumat vnitřní strukturu atomu. Neočekávané výsledky vedly k opuštění Thomsonova pudinkového modelu a k zavedení Rutherfordova modelu.

Aktivita se zaměřuje na Rutherfordův rozptylový experiment a využití 3D modelu (viz obr. 7). Tento model slouží k demonstraci a simulaci Rutherfordova experimentu. Dále lze model využít jako černou schránku, kde žáci experimentálně zkoumají obsah pod poklopem. Na střední škole může být model využit pro experimentální ověření vzorce pro rozptyl částic na tuhé kouli.

Metodika uvedené aktivity je podrobně popsána v [1] na straně 14–18, pracovní listy jsou dostupné v příloze A.



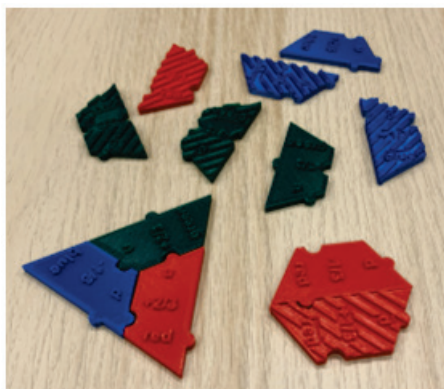
Obr. 7. Model Rutherfordova experimentu

Kvarkový model

Kvarky jsou základní subatomární částice hmoty, které společně s gluony tvoří hadrony. Existují dvě hlavní třídy hadronů: baryony a mezony. Baryony, jako jsou protony a neutrony, jsou složeny z tří kvarků, zatímco mezony jsou složeny z jednoho kvarku a jednoho antikvarku. Kvarky a gluony interagují mezi sebou silnou jadernou silou, která udržuje hadrony pohromadě.

V prezentované aktivitě žáci pracují se skládačkou z dílků z 3D tiskárny (obráz. 8), které představují jednotlivé typy kvarků. Na základě pravidel skládají některé hadrony. Aktivita pomáhá žákům porozumět základnímu chápání struktury hmoty na subatomární úrovni.

Metodika uvedené aktivity je podrobně popsána v [1] na straně 19–21, pracovní listy jsou dostupné v příloze B. Další informace je možné čerpat např. z [2], [3], [4]. Vlastní pracovní list je v příloze.



Obr. 8. Plastové dílky – modely kvarků

CLIL – Modely atomů

Pracovní list obsahuje krátké CLIL aktivity na téma modelů atomů do hodiny výuky odborného předmětu nebo do výuky anglického jazyka.

Pracovní list (viz Příloha) je zaměřen na samostatnou práci žáků s vedením a kontrolou učitele. Očekávaným výstupem této aktivity je osvojení si odborných pojmů v cizím jazyce a získání základních informací o jednotlivých modelech atomů a významných osobnostech spojených s daným modelem. První strana pracovního listu („MODELS OF ATOMS“) obsahuje pět úloh založených na práci s textem. Druhá strana pracovního listu „Chemistry in English – MODELS OF ATOMS“ zahrnuje šest rámečků, v nichž jsou uvedeny název modelu atomu, letopočet, významná osobnost a stručná charakteristika modelu atomu. Žáci si mohou do prázdného prostoru v rámečku načrtnout model a vpisovat vlastní poznámky. V příloženém souboru je český překlad této druhé strany.

Modely atomů z bižuterních komponentů

Pro výrobu modelu atomu budete potřebovat následující bižuterní komponenty: paměťové dráty třech různých velikostí, barevné korálky reprezentující protony, neutrony a elektrony, silikonové uzávěry na náušnice a tenký drát (obr. 9). Dále tenkou pevnou nití, jehlu, nůžky a štípací kleště.

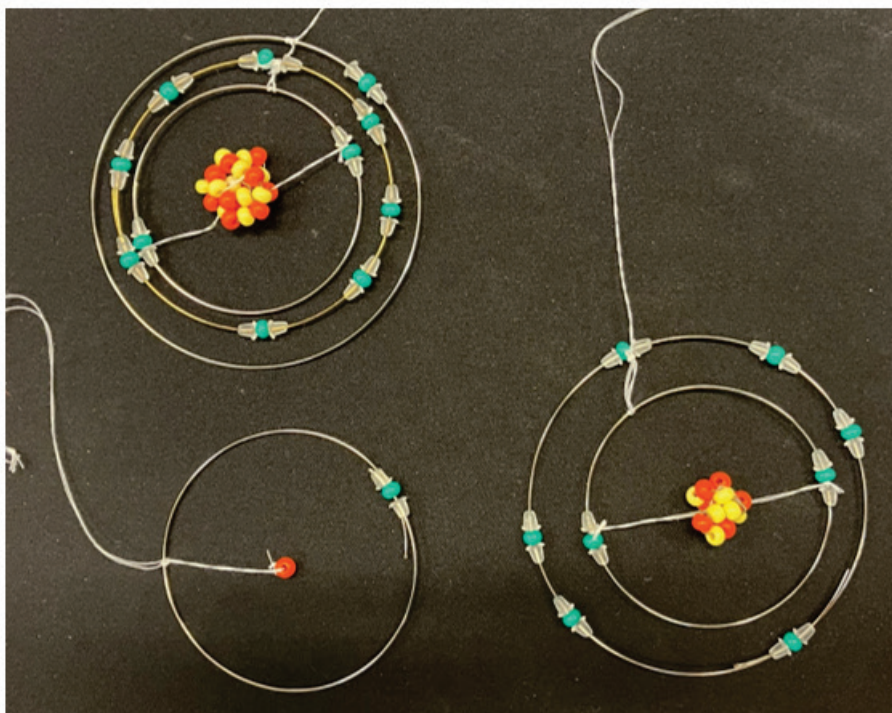


Obr. 9. Pomůcky k modelu atomu z bižuterních komponentů

Pozn.: Na výrobu těchto modelů byly použity bižuterní komponenty zakoupené v prodejně [5]: paměťový drát velikost 5, 6, 7; navlékací drát 0,3 mm; korálky rokajl velikost 5 nebo 6, silikonové zarážky.

Postup výroby:

1. Rozhodněte se, který atom hlavních prvků (I. A – VIII. A) v prvních třech periodách periodické soustavy prvků budete vytvářet. Na obrázku 10 jsou zobrazeny modely sodíku $_{11}\text{Na}$, vodíku $_1\text{H}$ a kyslíku $_8\text{O}$.
2. Podle počtu period daného atomu si připravte jednotlivé kružnice z paměťových drátů, od nejmenší po největší. Uštípněte dráty kleštěmi tak, aby se jednotlivé kružnice vzájemně překrývaly o kousek závitů (viz obr. 9 kružnice vpravo dole).
3. Vyberte korálky pro reprezentaci elektronů v příslušném počtu a začněte je navlékat na jednotlivé kružnice drátu. Začněte s navlékáním silikonového uzávěru užší stranou na drát, následně přidejte korálek a nakonec připojte druhý silikonový uzávěr širší stranou ke korálku (viz obr. 9 kružnice vpravo nahoře s jedním fialovým korálkem a dvěma silikonovými uzávěry). Silikonové uzávěry usnadní pohyb korálků po drátu a zároveň zajistí pevné uzavření kružnice na překryvu (viz obr. 9 kružnice vpravo nahoře).
4. Vyberte korálky pro reprezentaci protonů a neutronů v požadovaném počtu a barvě. Tyto korálky začněte navlékat na tenký drát, který bude představovat „atomové jádro“. Vytvářejte jádro tak, aby nedocházelo k vytváření „prstýnků“, občas drátek provlékněte nějakým korálkem. Konce drátu provlékněte k sobě a zatočte je několika otáčkami. Přebytečnou délku odstříhněte a „konečky“ vtlačte do jádra (viz obr. 10).
5. Dokončete sestavení všech částí. Jádro provlékněte jehlou s nití a přivažte ho k nejmenší kružnici. Pro estetický dojem můžete použít silikonové zarážky k zakrytí uzlíků (viz obr. 10). Následně propojte jednotlivé kružnice navzájem pomocí nití a použijte také silikonové zarážky. Vytvořte z nitě závěsné poutko.



Obr. 10. Modely atomů z bižuterních komponentů

Závěr

Atomy patří k tématům, která tvoří mezipředmětové vztahy mezi fyzikou a chemií. Prezentované aktivity osvětlují různé aspekty atomu. Věřím, že poskytnou učitelům inspiraci pro výuku a přispějí k zaujetí žáků pro svět atomů a molekul.

Literatura

- [1] Nocarová M.: *Aktivity z částicové fyziky na střední škole*. [cit. 30. 9. 2023]. Dostupné online: <https://dspace.cuni.cz/handle/20.500.11956/174006>
- [2] FyzWeb. *Jak se vyznat ve všemožných částicích?* [cit. 10. 11. 2023]. Dostupné online: <https://fyzweb.cz/clanky/index.php?id=118>
- [3] Tenzler D.: *Svět elementárních částic – částicové Zoo*. [cit. 10. 11. 2023]. Dostupné online: <https://danatenzler.blog.idnes.cz/blog.aspx?c=507100>
- [4] Brána do vesmíru. *Elementární částice - standardní model*. [cit. 10. 11. 2023]. Dostupné online: <https://www.branadovesmiru.eu/odborne-clanky/elementarni-castice-standardni-model.html>
- [5] Bijoux-nonstop. [cit. 10. 11. 2023]. Dostupné online: <http://bijoux-nonstop.cz/nabidka-2/>

Znázorňování elektrostatického pole

Hana Trhlíková

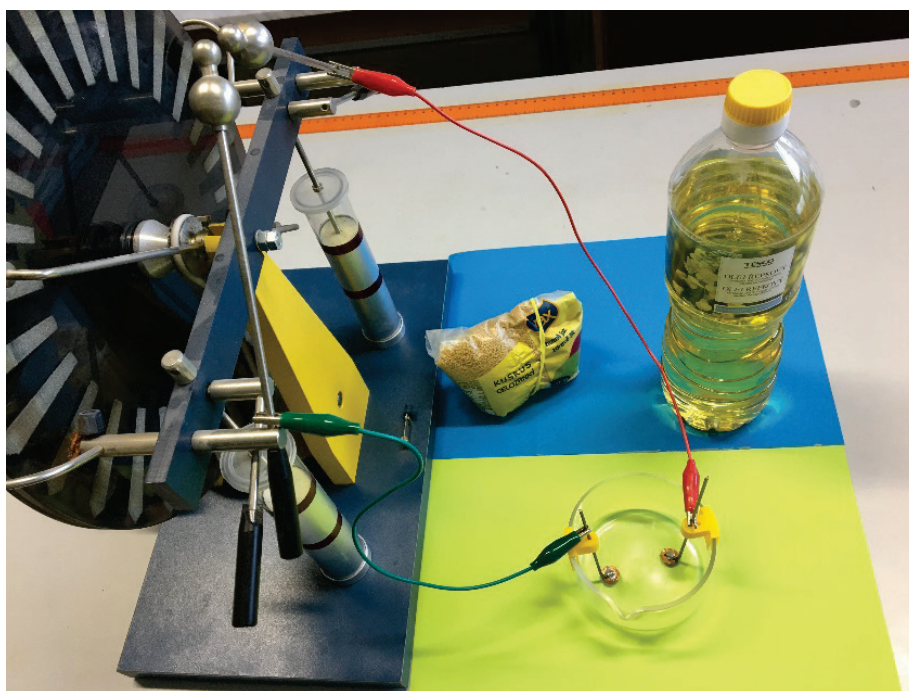
Základní škola Sokolov, Křižíkova 1916

Abstrakt

Na dílně jsme si ukázali, jak můžeme znázorňovat elektrické pole mezi dvěma elektrodami s opačným nábojem v oleji pomocí kuskusu, a zajímavosti, se kterými se můžeme u toho setkat. Vyrobili jsme si celou sadu elektrod a zdroj VVN, který může sloužit k napájení elektrod.

Provedení demonstračního pokusu

Pro vytvoření náboje na elektrodách používáme Wimshurstovu indukční elektriku, Van de Graaffův generátor nebo jiný zdroj vysokého napětí. Na elektrody přivádíme opačné náboje.

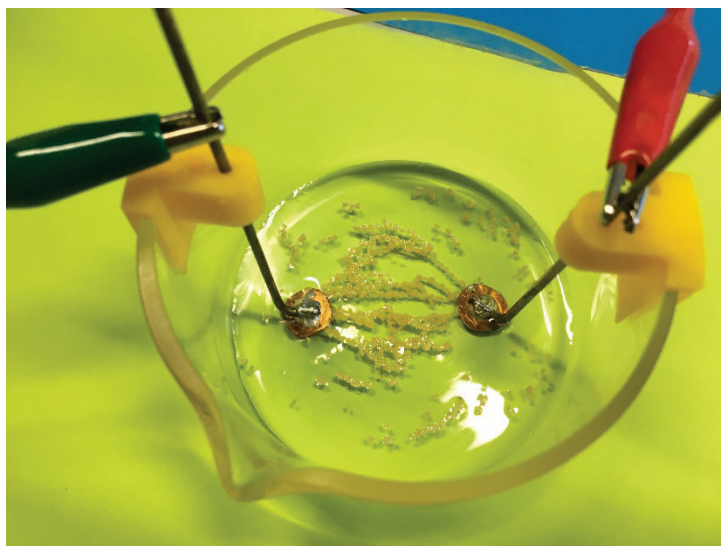


Obr. 1. Sestavení demonstračního pokusu

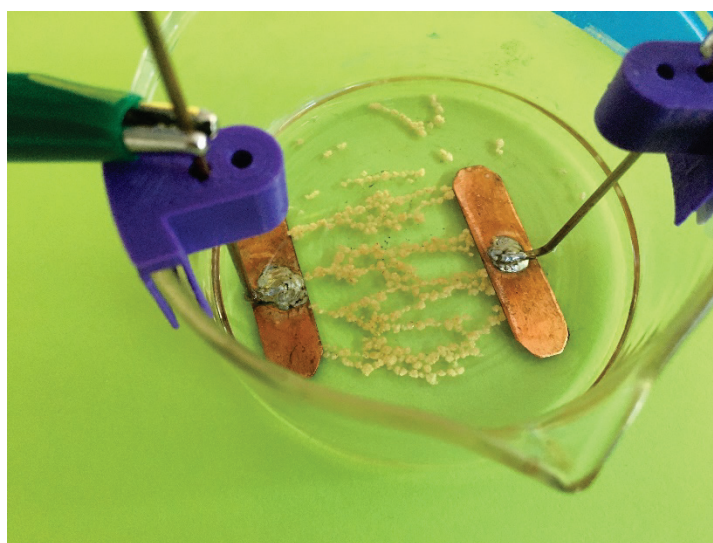
Pokud jde o samotné znázorňování, má se použít ricinový olej a hrubá mouka nebo krupice. Já používám kuskus, který má o něco větší zrna než krupice a dá se u něj současně ukázat i další zajímavý jev. Pokud máme v oleji málo zrníček a ještě se nespojují do řetízků, dochází k efektu pingpongového míčku mezi nabitými elektrodami – zrníčko se přitáhne k bližší elektrodě, získá od ní náboj a následně putuje k opačné elektrodě. A toto se opět opakuje na druhé elektrodě. Žáci bývají z tohoto jevu unešeni.

Při samotném znázorňování elektrických siločar potřebujeme dostatečné množství zrníček, aby vznikly řetízky, jejichž tvar přibližuje tvar siločar elektrického pole. Můžeme takto ukázat tvar elektrického pole mezi dvěma opačnými náboji kulového tvaru, mezi

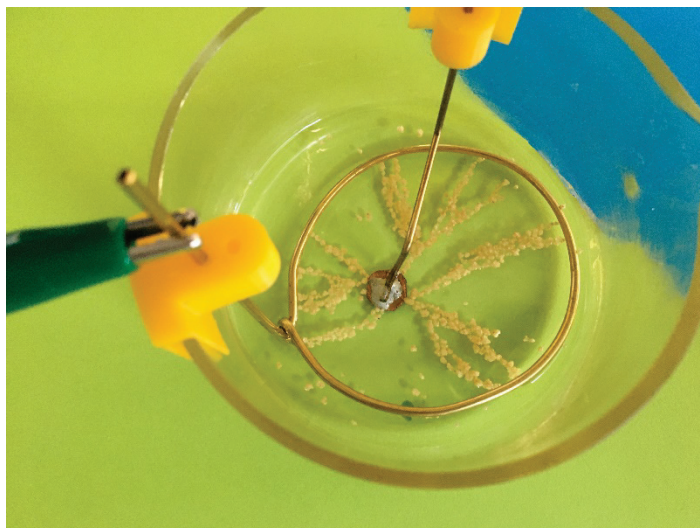
dvěma deskami kondenzátoru (homogenní pole), v okolí nabitého tělesa kulového tvaru (radiální pole). Třetí uváděná varianta je trošku podfuk – jde o pole mezi kladným tělesem kruhového tvaru a soustředným prstencem s opačným nábojem. Pro demonstraci je ale velmi dobrý.



Obr. 2. Elektrické pole mezi dvěma nabitými tělesy kulového tvaru.



Obr. 3. Elektrické pole mezi deskami kondenzátoru.



Obr. 4. Elektrické pole v okolí nabitého tělesa kulového tvaru.

Další jev, který můžeme žákům ještě ukázat, je změna hustoty elektrických siločar vycházejících z povrchu tělesa s ostrými hroty (pokus s věží kostela).

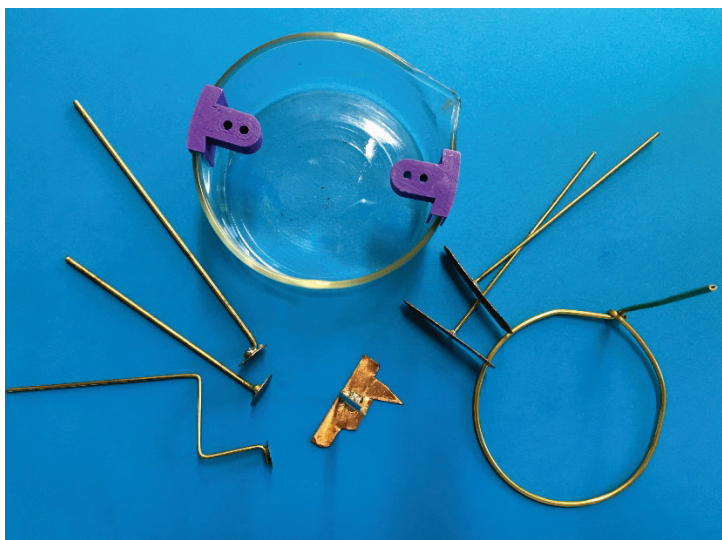


Obr. 5. Elektrické pole v okolí tělesa s hrotem (věž kostela).

Výroba demonstrační pomůcky

Popisovaná pomůcka pro tento pokus se dá již několik let koupit pod názvem „Přístroj pro demonstraci siločar elektrického pole“ na stránkách Conatex.cz. Neobsahuje ale všechno, na co jsme zvyklí ze staršího vybavení kabinetů fyziky, proto jsem se rozhodla si pomůcku sama vyrobit.

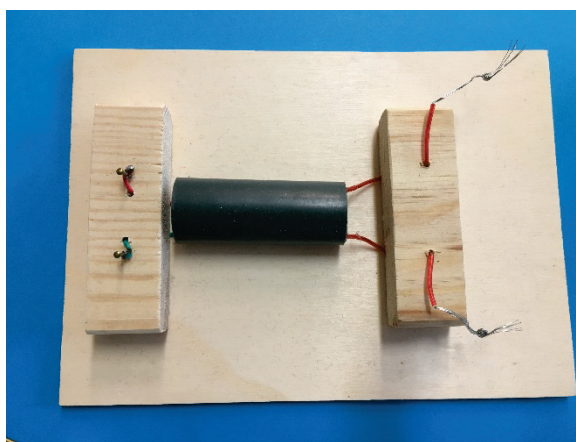
Jako materiál jsem použila mosazné trubičky z Hornbachu (průměr 2 mm) a měděný plech (0,5 mm) z OBI. S troškou šikovnosti si člověk vše, co potřebuje, vystřihne z plechu a napájí na mosazné trubičky.



Obr. 6. Vyrobené různé elektrody na demonstraci elektrického pole.

Upevnění elektrod do stojánku jsem vyřešila plastovými nástavci, které se nasadí na krystalizační misku (3D tisk).

Program této dílny jsme rozšířili o výrobu zdroje VVN. Jde o využití součástky, kterou najdete na e-shopu Hadex.cz pod názvem „Napájecí modul, step-up modul 3–6 V/400 kV“. Tento zdroj může školám, které nevlastní Van de Graaffův generátor nebo Wimshurstovu indukční elektriku, sloužit jako napájecí zdroj pro tuto výukovou sadu.



Obr. 7. Napájecí zdroj, ke kterému potřebujeme ještě transformátor.

Z napájecího modulu vychází 4 vodiče. Dvojice vodičů, které jsou barevně rozdílné (červený a černý nebo zelený) se připojí k nízkému napětí (vyhovuje 4,5 V – 6 V) a na druhé straně dva vodiče stejné barvy poskytují velmi vysoké napětí, tedy dostatečný náboj k napájení naší sady. To, že je přístroj v pořádku, poznáte po připojení k transformátoru podle jemného bzučení. Pokud při provozu spojíte drátky, kde je vysoké napětí, zničíte ho. Pokud jsou drátky na výstupu v malé vzdálenosti (do 3 cm) vzniká mezi nimi výrazný jistrový výboj. My jsme je upevňovali k mosazným hřebíčkům do větší vzdálenosti.

Závěr

Pokud učitel fyziky nemá k demonstračnímu pokusu pomůcky, může si je vyrobit. Při volbě oleje máme variantu levnou – běžný olej, nebo dražší – ricinový olej. Při výběru zrníček, máme víc možností (hrubá mouka, krupice, kuskus). Pokud chceme pozorovat pouze tvar siločar – postačí menší velikost zrníček. Pokud chceme pozorovat taky chování zrníček, můžeme volit větší.

Pokud jde o plastové držáčky na elektrody, na dílnu jsem vyrobila jiný typ (dva dílky na jednu miskou), který se dá použít univerzálně na krystalizační misky různých průměrů. Soubor pro tisk najdete v elektronické příloze tohoto sborníku (Elektrostatika_držák-na-dílny-2ks).



Soubor k tisku držáčků najdete taky na stránkách RC Sokolov Elixíru do škol:

Matematické putování s Dráčkem Brňáčkem

Daniela Válková

ZS Novolíšeňská, Brno

Abstrakt

Geolokační hry se staly vhodným a moderním způsobem, jak venkovní hrou s využitím moderní techniky lze děti seznámit s kulturou, památkami a využít k tomu vědomostní úkoly. Ukážeme vám použití aplikace, ve které si sami můžete takovou hru připravit pro vaše žáky nebo děti dle vašich představ.

Geolokační hra TaleBlazer

Aplikace TaleBlazer slouží pro použití geolokačních her, které lze nakonfigurovat a vytvořit ve webovém prohlížeči. Aplikace i založení uživatelského účtu na webových stránkách jsou zcela zdarma.

My jsme použili aplikaci pro vytvoření geolokační hry, ve které žáci postupně navštěvují brněnské památky a luští vědomostní nebo matematické otázky, tematicky spojené s danou památkou. Pro hru jsme využili 24 památek, které dohromady tvořily okruh, který žáky zabaví na celé dopoledne.

Ke každému stanovišti (památce) musí uživatel přijít a po přiblížení se na předem danou vzdálenost, kterou zjistí aplikace z GPS, se zobrazí informace o stanovišti. Stanoviště lze popsat, přidat k němu obrázek a zabezpečit ho heslem, které musí uživatel zadat, aby mohl pokračovat na další stanoviště. Pro každé stanoviště jsme použili vědomostní nebo matematickou otázku, která byla tématem nebo historií spojená s danou památkou.

Jakmile uživatel zadá správnou odpověď, zobrazí se mu na mapě nové stanoviště, ke kterému musí dojít. Uživatel může být naváděn i šipkou ukazující správným směrem, podobně jako na kompasu.

Použití inventáře v aplikaci

V aplikaci lze nastavit i inventář hráče, do kterého může vkládat předměty. Předměty mohou být různého typu jako obrázky, fotografie, další text atd. V nastavení lze ošetřit, že hráč nalezne předmět, a ten se mu přesune do inventáře po dosažení stanoviště, nebo obdrží předmět až za zodpovězení otázky.

V naší hře jsme využili inventář pro pomocné obrázky, které žák využil pro vyluštění úkolu. Po zodpovězení každé otázky obdržel ale i tzv. dračí minci, které se mu shromažďovaly v inventáři.

Technické požadavky

Aplikaci TaleBlazer lze nainstalovat na smartphone nebo tablet s operačním systémem Android i iOS. Na internetových obchodech pro aplikace (např. Google Play) je v současné době dostupná verze aplikace 3.2.14. Tato nová verze nemusí však plně fungovat na novějších verzích Android a iOS. Na nich plně funguje starší verze 3.2.6, která je dostupná např. na adrese [1].

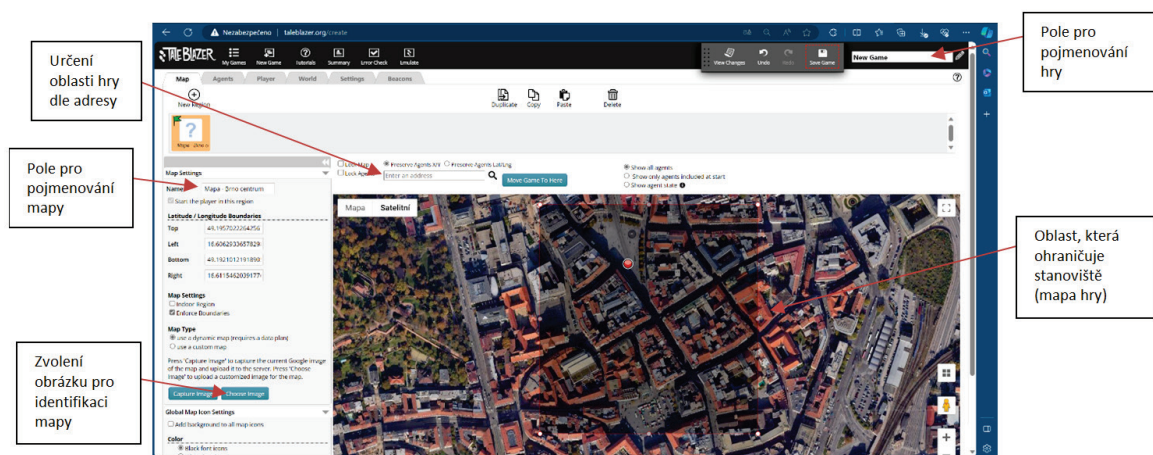
Použití mobilní aplikace lze na telefonu ideálně s použitím GPS a mobilních dat. Hru lze stáhnout i předem do aplikace a poté ji hrát off-line bez použití mobilních dat.

V průběhu hry lze aktivovat i funkci „Tap to Visit“ a tímto lze projít jednotlivá stanoviště odkudkoliv, pouze kliknutím na stanoviště na mapě. Lze si tak vyzkoušet stanoviště ve hře i v hodině nebo doma.

Webová stránka i aplikace jsou kompletní v anglickém jazyce spolu s příkazy, které programujete. Se základní znalostí angličtiny nebo překladačem je však možné hru bez problému naprogramovat.

Vytvoření hry v editoru

Na obrázku níže je znázorněna mapa ve webovém editoru TaleBlazer, která je připravena pro stanoviště v centru Brna (Náměstí svobody, Zelný trh, Dominikánské náměstí). Mapu lze vytvořit a využívat více. Oblastí (mapou) musíte určit hranice, ve kterých budou ležet stanoviště pro žáky. Žádné stanoviště nesmí být za hranicemi oblasti, ale velikost oblasti není nijak limitována.

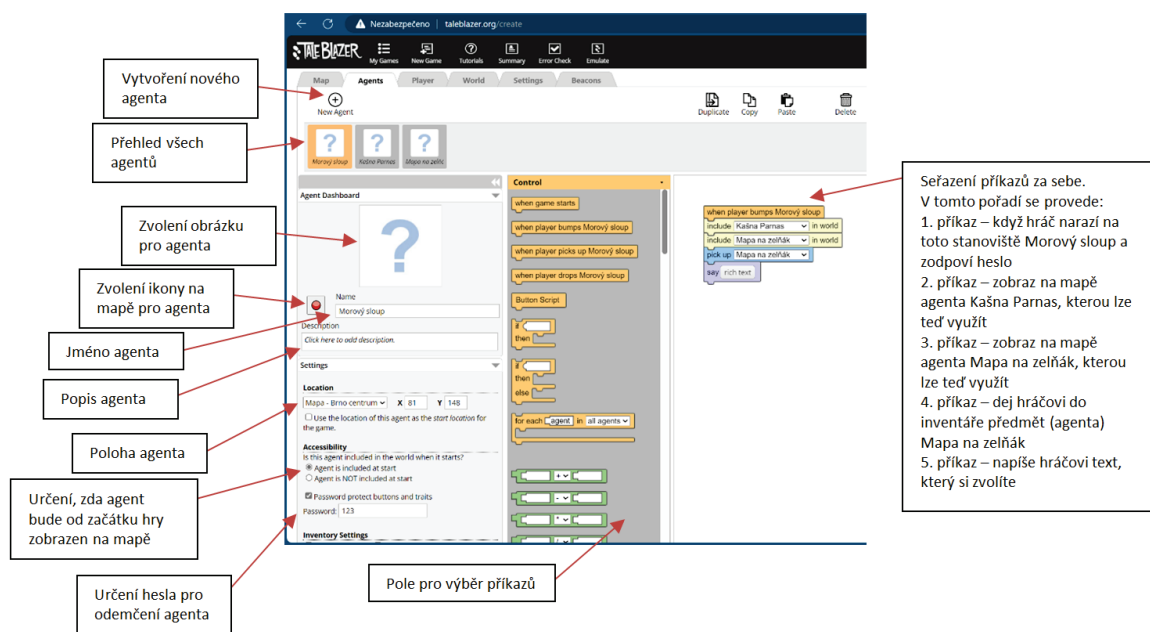


Obr. 1. Vytvoření mapy v TaleBlazer [2].

Stanoviště i předměty, které uživatel může mít v inventáři, jsou v editoru pojmenovány jako agenti. Jednotlivá stanoviště a předměty se nastavují na kartě „Agents“ a může jich být libovolný počet. U každého agenta lze nastavit pojmenování, popis, obrázek, heslo pro odemčení agenta, text, který se zobrazí při příchodu k agentovi nebo po jeho vyluštění.

Vždy při vytvoření agenta se tento agent zobrazí na mapě na předešlé kartě, kde s ním lze myší hýbat a určit tak jeho polohu. Polohu agenta lze určit i v jeho popisu pomocí souřadnic.

Co se bude dít s agentem a co se bude ukazovat hráči, se nastavuje vybráním jednoduchých programátorských příkazů. Autor si vždy zvolí příkaz z výběru a umístí ho do volného pole. Pokud příkazy poskládáte svise pod sebe, budou se vyhodnocovat postupně od shora dolů (viz obrázek níže).

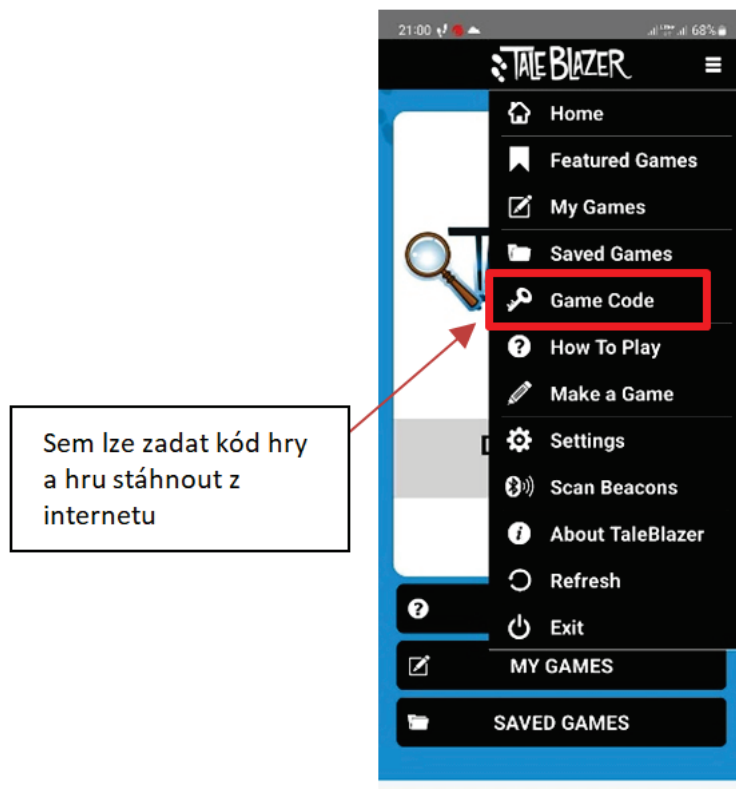


Obr. 2. Vytvoření agentů v TaleBlazer [2].

Stáhnutí a spuštění hry

Po uložení hry v editoru je každé hře přiřazen kód hry. Pomocí tohoto kódu si můžete stáhnout hru do aplikace v telefonu. Hru tak lze sdílet s žáky pomocí tohoto kódu.

Po zadání správného kódu si hru můžete stáhnout a spustit.



Obr. 3. Stáhnutí hry do aplikace.

Vytvořené hry pro vyzkoušení

Pro vyzkoušení vámi jsou vytvořeny dvě hry v TaleBlazer.

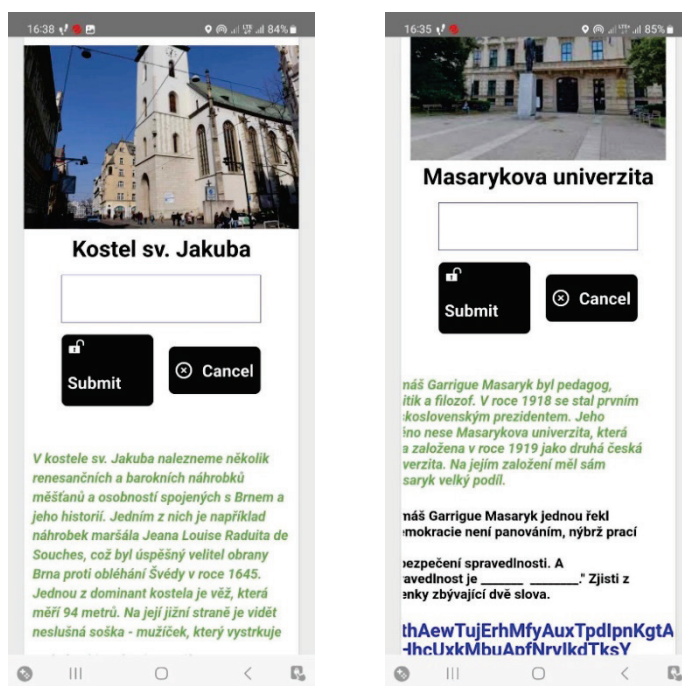
První hra se jmenuje „Cesta kolem Bigy s Dráčkem Brňáčkem“ a lze si krátkou procházkou projít zajímavá místa kolem Biskupského gymnázia Brno. Kód pro tuto hru je: giwnmht

Dále je vytvořena větší hra po hlavních památkách Brna, která se jmenuje „Matematické putování s Dráčkem Brňáčkem“. Kód pro tuto hru je: glhodlr.

Matematické putování s Dráčkem Brňáčkem

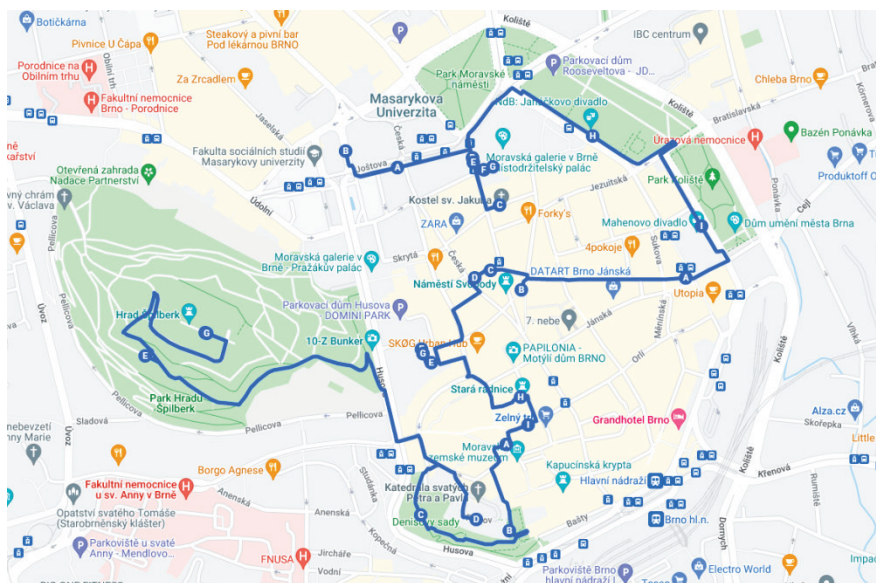
Geolokační hra „Matematické putování s Dráčkem Brňáčkem“ je vytvořena pro žáky druhého stupně základní školy, může být však využita i pro starší děti nebo dospělé. Hra začíná u Adama Čekače v Brně a obsahuje 24 stanovišť, každé stanoviště je spojené s brněnskou památkou nebo zajímavostí. Průvodcem v průběhu hry je Dráček Brňáček jako symbol Brna.

Každé stanoviště je popsáno tak, aby se hráč něco nového dozvěděl o památce, případně zjistil nějakou zajímavost. Každé stanoviště obsahuje úkol, který musí hráč splnit, aby mohl pokračovat k dalšímu stanovišti.



Obr. 4. Příklad stanovišť ve hře.

Trasa prochází základními místy v centru Brna a končí na hradě Špilberk. Trasa je zvolena tak, že ji lze s žáky stihnout za jedno celé vyučování.



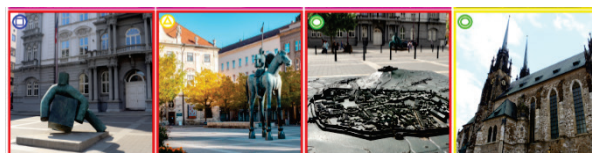
Obr. 5. Trasa hry po centru Brna [3].

Hry s kartičkami od Dráčka Brňáčka

Postřehová hra s památkami Brna

Jak bylo uvedeno výše, hlavní hra byla pro žáky vytvořena na 24 památek v Brně. Tyto památky jsou vždy shromážděny do trojic, podle tématu nebo místa, které je spojuje.

Vždy při zodpovězení otázky v geolokační hře žák získá do inventáře tzv. dračí minci. Po dokončení celé geolokační hry může žák ukázat učiteli, že má všechny mince shromážděné, a vyměnit je s učitelem za kartičky do postřehové hry.



Obr. 6. Příklad kartiček pro hru.

S kartičkami poté lze hrát postřehovou hru pro 1-4 hráče. V rámci vyhodnocení a zpětné vazby lze přímo ve škole žáky rozdělit do skupin, aby si díky této hře zopakovali a připomněli místa, která viděli.

Každý hráč potřebuje základní desku s prázdnými poli (obrázek 8). Každá skupinka musí mít svůj balíček zadání. Zadání je zmenšená základní deska, avšak s vyplněnými poli s památkami (obrázek 7).

Zadání i základní desku spojuje Dráček Brňáček, který provází hráče i v geolokační hře „Matematické putování s Dráčkem Brňáčkem“.

Principem hry je, aby si hráči rozmístili skupinu osmi kartiček s památkami vedle své základní desky. Společně poté hráči otočí obrázky (památkami) nahoru, což představuje zadání pro každého hráče. Památky jsou na zadání schválně různě otočeny a hráč musí umístit své kartičky památek na svou desku tak, aby přesně odpovídaly zadání. Opěrným

bodem je Dráček Brňáček, který svou polohu i otočení nikdy nemění. S kartičkou zadání ani se základní deskou se během ukládání obrázků na místo nesmí otáčet.

Hráč, který má jako první umístěny správně všechny kartičky, zastaví hru a ostatní hráči mu zkontrolují umístění kartiček. Pokud umístil všechny kartičky správně, vyhrává kolo a kartičku zadání si může vzít k sobě a začne nové kolo pro všechny hráče. Pokud neumístil kartičky správně, kolo pokračuje skládáním ostatních hráčů.

Takto pokračuje každé kolo, vždy s nově otočeným zadáním. Hráč s nejvíce správnými řešeními, tedy nejvíce nashromážděnými kartičkami zadání, vyhrává.

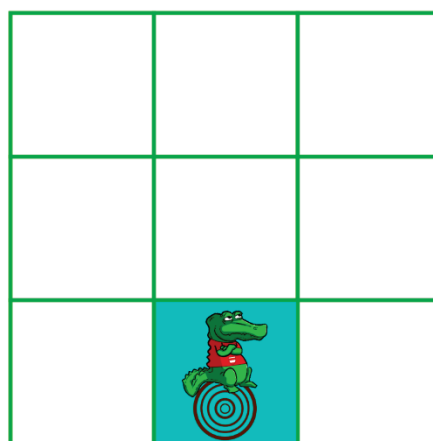
Pro upřesnění, jakých 8 kartiček památek si má hráč nachystat, slouží symbol čtverečku na kartičkách, který je zároveň u Dráčka Brňáčka na kartách zadání.

Všechny podklady pro postřehovou hru jsou uloženy na sdíleném úložišti na adrese [4].

Na této adrese jsou ke stažení jednotlivé kartičky památek, prázdné základní desky pro hráče i jednotlivá zadání hry.



Obr. 7. Zadání pro skupinu hráčů.



Obr. 8. Základní deska pro každého hráče.

Trixeso

Jak bylo popsáno výše, památky v geolokační hře „Matematické putování s Dráčkem Brňáčkem“ jsou rozděleny tematicky nebo podle místa do trojic. Na kartičkách je každá trojice označena rámečkem stejné barvy. Na základě těchto barev lze s celkovou sadou kartičkou hrát trixeso, kdy hráči budou mít jako v pexesu za úkol postupně otáčet kartičky a hledat trojici, která k sobě sedí. Při vybrání stejně barevných dvojic a vyřazení jedné památky z každé trojice lze samozřejmě hrát i pexeso.

Černý Petr

Ve více hráčích lze s kartičkami památek z postřehové hry hrát i hra Černý Petr. Skupinami pro Černého Petra jsou trojice památek a kartička Dráčka Brňáčka je Černý Petr. Do sady kartiček se tedy musí zamíchat jedna kartička Dráčka Brňáčka.

Závěr

Výstupem dílny by měla být inspirace k vytvoření vlastní geolokační hry pro své žáky nebo děti. Získat lze také informace, co vše lze ve spojitosti s geolokační hrou vymyslet. Geolokační hru lze použít pro jakékoliv místo a lze se zaměřit i na jiná místa než na památky.

Aplikací pro vytváření geolokačních her existuje více. V rámci dílny jsme vám ukázali jednu příkladovou, jejíž použití je zdarma. Nevýhodou může být, že je celá v angličtině. Za zmínku stojí aplikace Actionbound, která je však již pro použití ve výuce placená.

Literatura

- [1] *Apkmonk*. [cit. 15. 11. 2023]. Dostupné online: https://www.apkmonk.com/download-app/com.step.taleblazer/4_com.step.taleblazer_2018-10-12.apk/
- [2] *TaleBlazer*. [cit. 15. 11. 2023]. Dostupné online: <http://taleblazer.org/>
- [3] *Google My Maps*. [cit. 14. 11. 2023]. Dostupné online: <https://www.google.com/maps/d/u/1/edit?mid=1nCcVYB6YrPzyac08YHrkmCzuADZ6wa4>
- [4] Úložiště s materiály: https://drive.google.com/drive/folders/1RkZxWafi7KGb_KLIHm_oKgUXF6Cm82s2?usp=drive_link

Odhalování exoplanet

Jan Veselý

Hvězdárna a planetárium hl. m. Prahy

Abstrakt

V této dílně představíme aktivity a pracovní listy spojené s tématem exoplanet a soutěž Evropské kosmické agentury pro týmy žáků ve věku 14 až 19 let. Na základě dat z kosmických observatoří žáci dokážou sami odhalit spoustu detailních informací o exoplanetách. Budou diskutovat o podmínkách pro život. V příspěvku a dílně se budeme zabývat následujícími fyzikálními tématy: kinematika (rychlost planety), Keplerovy zákony, Newtonův gravitační zákon (žáci se jej nebudou učit, budou s ním pracovat), fotometrie, zářivý výkon pro deváťáky, trocha spektroskopie pro všechny.

Úvod

První potvrzený objev planety obíhající okolo jiné hvězdy než Slunce – exoplanety – byl učiněn v roce 1995 (Mayor, Queloz; Nobelova cena za fyziku 2019) spektroskopickou metodou, tedy nepřímou. To znamená, že objevitelé pozorovali nikoli samotnou planetu, ale periodický pohyb čar ve spektru hvězdy, okolo níž pro nás neviditelná planeta obíhá. Ačkoli v současnosti je možné některé exoplanety zobrazovat (fotografovat) přímo, většina objevů a poznatků o exoplanetách stále pochází z nepřímých metod detekce – měření vlivu planety na mateřskou hvězdu. I z těchto nepřímých měření jsme schopni principiálně jednoduchými postupy zjistit o cizích planetách řadu údajů – velikost (hmotnost), oběžnou dobu, teplotu, povrchovou teplotu a v některých případech i chemické složení atmosféry. Ukážeme si, jak tyto postupy využít ve výuce fyziky či matematiky. Dílna má tři části:

1. prezentace: metody detekce a pozorování exoplanet

- nepřímé metody
 - spektroskopie (dopplerovský posun čar)
 - fotometrie (gravitační mikročocha, transit)
 - astrometrie
- přímé zobrazení (fotografie, nulovací interferometrie, polarimetrie)

2. úlohy na téma exoplanety

- představení katalogu www.exoplanet.eu jako zdroje dat pro školní úlohy
- transit exoplanety – základní verze (ZŠ, nižší gymnázium)
 - určení periody z grafu naměřených hodnot
 - výpočet velikosti planety
 - měření doby trvání transitu a délky stopy transitu na disku hvězdy
- transit exoplanety – pokročilá verze (SŠ)
 - určení periody z grafu naměřených hodnot
 - výpočet velikosti planety
 - odhadnutí a zakreslení průběhu dopplerovského posunu spektrálních čar
 - výpočet poloměru dráhy a oběžné rychlosti planety

- měření doby trvání transitu a délky stopy transitu na disku hvězdy
- reálná data naměřená družicí Kepler
 - měření period (oběžných dob) planet
 - určení vzdálenosti planety od mateřské hvězdy z 3. Keplerova zákona graficky
 - určení vzdálenosti planety od mateřské hvězdy z 3. Keplerova zákona výpočtem

3. Hack an exoplanet

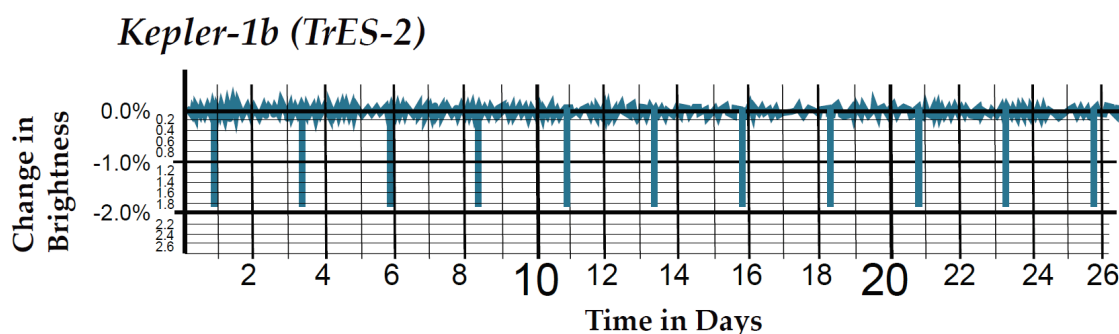
práce s reálnými daty z kosmické observatoře CHEOPS

- aktivita ESA
- výpočty a hledání parametrů „soutěžní“ planety
- online prostředí

Úlohy na téma Exoplanety

Určení vzdálenosti planety od hvězdy – grafická metoda

Tato metoda je vhodná pro žáky ZŠ a nižších gymnázií, kteří ještě nejsou obeznámeni s Keplerovými zákony. Na úvod je vhodné provést úvahu o tom, že planety vzdálenější od hvězdy mají delší oběžnou dobu než ty, jež obíhají blíže ke hvězdě – analogie se Sluneční soustavou. Žáci mohou tento fakt ověřit například ve školním atlase světa (mezipředmětový vztah s geografii) [1]. Je vhodné žáky seznámit s tím, že matematický vztah mezi oběžnou dobou planety a její vzdáleností od Slunce našel na začátku 17. století Johannes Kepler (jeho pobyt v Praze lze využít i jako mezipředmětový vztah s dějepisem). K této aktivitě jsou k dispozici pracovní listy, grafy světelných křivek a 3. Keplerova zákona – viz přílohy.



Obr. 1. Světelná křivka je graf závislosti jasnosti hvězdy na čase. Zdroj: [2]

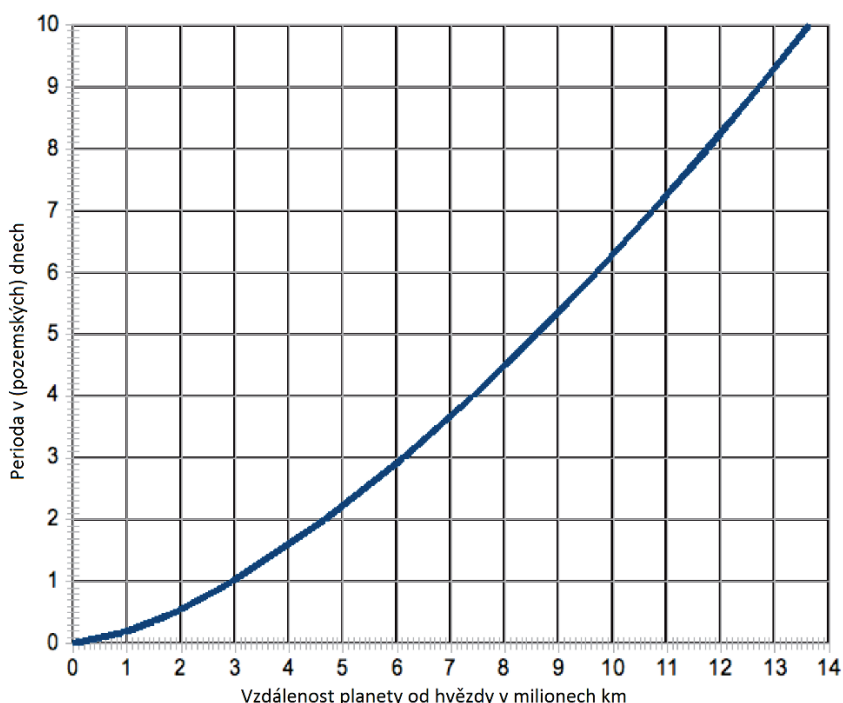
Fyzikální veličina, která je měřena kosmickým teleskopem Kepler, je zářivý tok. V grafech označených jako světelné křivky je na svislé ose veličina „pokles jasnosti“ užívaná v astronomii. K poklesu dochází v situaci, kdy planeta prochází před hvězdou. Hvězdu nerozlišíme jako disk, planetu před hvězdou nemůžeme vyfotografovat, ale můžeme zaznamenat pokles jasnosti hvězdy, protože planeta stíní. To je základní princip tzv. tranzitové metody hledání a zkoumání exoplanet. V grafech světelných křivek, které jsou k dispozici k této úloze, je zobrazen procentuální úbytek zářivého toku ve srovnání s normálním stavem, kdy světlo hvězdy není blokováno přecházející planetou.

Z grafů světelných křivek mohou žáci odečíst oběžné periody planet a z nich určit vzdálenosti planet od hvězd, okolo nichž obíhají.

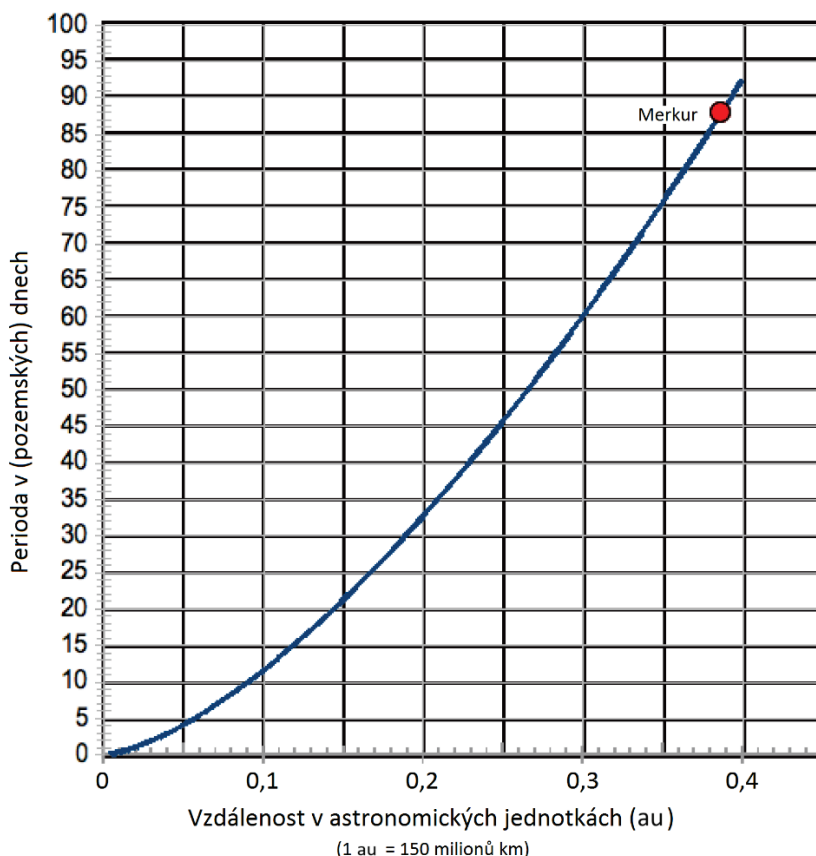
Namísto výpočtu vzdálenosti budou žáci odečítat vzdálenosti z grafů. V této zjednodušené verzi úlohy se nutně musí předpokládat, že hvězdy, okolo nichž obíhají studované planety, mají hmotnost stejnou jako Slunce – toto zjednodušení je vhodné žákům sdělit s tím, že pro hvězdy jiných hmotností bude tvar křivek mírně odlišný.

Postup:

1. Z grafů světelných křivek tranzitů (Transit Light Curves) exoplanet získaných družicí Kepler odečteme periody (oběžné doby) planet.
2. Z grafů 3. Keplerova zákona vybereme ten se správným rozsahem a odečteme vzdálenost planety od hvězdy.
3. U vzdálenějších planet můžeme procvičit převody jednotek (au na kilometry).



Obr. 2. Třetí Keplerův zákon graficky pro oběžné periody do 10 dní. Zdroj: [2]



Obr. 3. Třetí Keplerův zákon graficky pro oběžné periody do 100 dní. Zdroj: [2]

Výpočet vzdálenosti planety od hvězdy pomocí 3. Keplerova zákona

Tuto variantu lze použít u žáků, kteří byli obeznámeni s Keplerovými zákony pohybu planet. Vzdálenosti planet od hvězd budeme určovat v astronomických jednotkách.

Vyjdeme z jednoduchého tvaru 3. Keplerova zákona:

$$\frac{a^3}{T^2} = \text{konst.} \quad (1)$$

Přičemž konstanta $\text{konst} = 1 \text{ au}^3/\text{rok}^2$ (má tedy hodnotu 1, ale není bezrozměrná). Díky tomu můžeme psát:

$$a^3 = T^2 \quad (2)$$

Kde a je střední vzdálenost planety od Slunce v au (podle definice $1 \text{ au} = 149\,597\,870\,700 \text{ m}$) a T je perioda planety v rocích. V tomto tvaru platí 3. Keplerův zákon pro Sluneční soustavu. Hvězdy, okolo kterých obíhají exoplanety, však mají jiné hmotnosti než Slunce. Musíme proto užít přesnějšího tvaru 3. Keplerova zákona ($\text{konst} = 1 \text{ au}^3/\text{rok}^2$).

$$\frac{a^3}{T^2} = \text{konst.} \cdot \frac{M_*}{M_{Sl}} \quad (3)$$

Kde M_* je hmotnost hvězdy, okolo níž obíhá zkoumaná exoplaneta, M_{Sl} je hmotnost Slunce.

Pro výpočet vzdálenosti planety od hvězdy pak platí:

$$a = \sqrt[3]{T^2 \frac{M_*}{M_{Sl}}} \quad (4)$$

Hmotnosti hvězd, pro něž jsou k dispozici grafy světelných křivek tranzitů, uvádí tabulka 1.

Postup:

1. Z grafů světelných křivek tranzitů (Transit Light Curves) exoplanet získaných družicí Kepler odečteme periody (oběžné doby) planet.
2. Převědeme periody odečtené ve dnech na roky (obvykle se používají juliánské roky: 1 rok = 365,25 dne).
3. Ze vztahu (4) vypočteme vzdálenost planety od hvězdy v au.

Tabulka 1. Hmotnosti hvězd M_* Kepler 1 až 11 v poměru k hmotnosti Slunce M_{Sl} Zdroj: [2].

Hvězda	Hmotnost M_*/M_{Sl}	Hvězda	Hmotnost M_*/M_{Sl}	Hvězda	Hmotnost M_*/M_{Sl}
Kepler – 1	0,980	Kepler – 5	1,374	Kepler – 9	1,070
Kepler – 2	1,520	Kepler – 6	1,209	Kepler – 10	0,895
Kepler – 3	0,810	Kepler – 7	1,347	Kepler – 11	0,950
Kepler – 4	1,223	Kepler – 8	1,213		

Určení velikosti planety

Velikostí planety rozumíme její poloměr. Při řešení této úlohy musíme přijmout zjednodušující předpoklad, že hvězdy, okolo nichž planety obíhají, jsou stejně velké (mají stejný poloměr) jako Slunce. Na grafech světelných křivek tranzitů jsou křivky normalizované pro hvězdy velikosti Slunce. Pokles jasnosti hvězdy Z (v procentech), před níž prochází planeta, je dán poměrem plochy „kotoučů“, tedy poměrem ploch průřezů hvězdy a planety:

$$\frac{S_P}{S_*} \cdot 100 = Z(\%); \quad \frac{\pi \cdot R_P^2}{\pi \cdot R_*^2} \cdot 100 = Z \Rightarrow R_P = R_* \cdot \sqrt{\frac{Z}{100}} \quad (5)$$

Kde R_P je poloměr planety, R_* poloměr hvězdy.

Vydeme-li z výše uvedeného předpokladu stejné velikosti hvězdy s naším Sluncem, využijeme též skutečnosti, že poloměr Slunce je přibližně 100krát větší než poloměr Země (ve skutečnosti téměř 109krát), můžeme za R_* dosadit $100 \cdot R_Z$:

$$R_P = 10 \cdot R_Z \cdot \sqrt{Z} \quad (6)$$

Kde $R_Z = 6\,378$ km (mezipředmětový vztah s geografii). Názornější bude vyjádřit velikosti cizích planet v násobcích poloměru Země (kolikrát jsou větší než Země).

Položíme tedy $R_Z = 1$:

$$R_P = 10 \cdot \sqrt{Z} \quad (7)$$

Postup:

1. Z grafů světelných křivek tranzitů odečteme poklesy jasnosti v procentech.
2. Odečtené hodnoty dosadíme do vztahu (7) – vypočteme přibližné velikosti exoplanet.

Tabulka 2. Údaje o zkoumaných exoplanetách. Zdroj: [2]

Název	Perioda (dny)	Perioda (roky)	Vzdálenost od hvězdy (km)	Vzdálenost od hvězdy (au)	Poloměr planety ($R_z = 1$)
Kepler – 1b	2,47	0,00676	5319700	0,03556	14,26
Kepler – 2b	2,20	0,00602	5669759	0,0379	15,93
Kepler – 3b	4,89	0,01339	7928687	0,053	5,07
Kepler – 4b	3,21	0,00879	6818671	0,04558	4,00
Kepler – 5b	3,55	0,00972	7575636	0,05064	16,04
Kepler – 6b	3,23	0,00884	6832135	0,04567	14,83
Kepler – 7b	4,89	0,01339	9310971	0,06224	16,57
Kepler – 8b	3,52	0,00964	7225577	0,0483	15,91
Kepler – 9b	19,24	0,05268	20943702	0,14	9,44
Kepler – 9c	38,91	0,10653	33659521	0,0225	9,23
Kepler – 10b	0,84	0,00230	2519228	0,01684	1416
Mystery – b	-----	1,00000	149597871	1,0	1
Mystery – c	-----	0,66000	113694382	0,76	4
Kepler – 11b	10,30	0,02820	13613406	0,091	1,97
Kepler – 11c	13,03	0,03567	15857374	0,106	3,15
Kepler – 11d	22,69	0,06212	23786061	0,159	3,43
Kepler – 11e	32,00	0,08761	29021987	0,194	4,52
Kepler – 11f	46,69	0,12783	37399468	0,25	2,61
Kepler – 11g	118,38	0,32411	69114216	0,462	3,66

Poznámka: Data z tabulky obsahují výsledky úloh. Žáci by je tudíž neměli mít k dispozici.

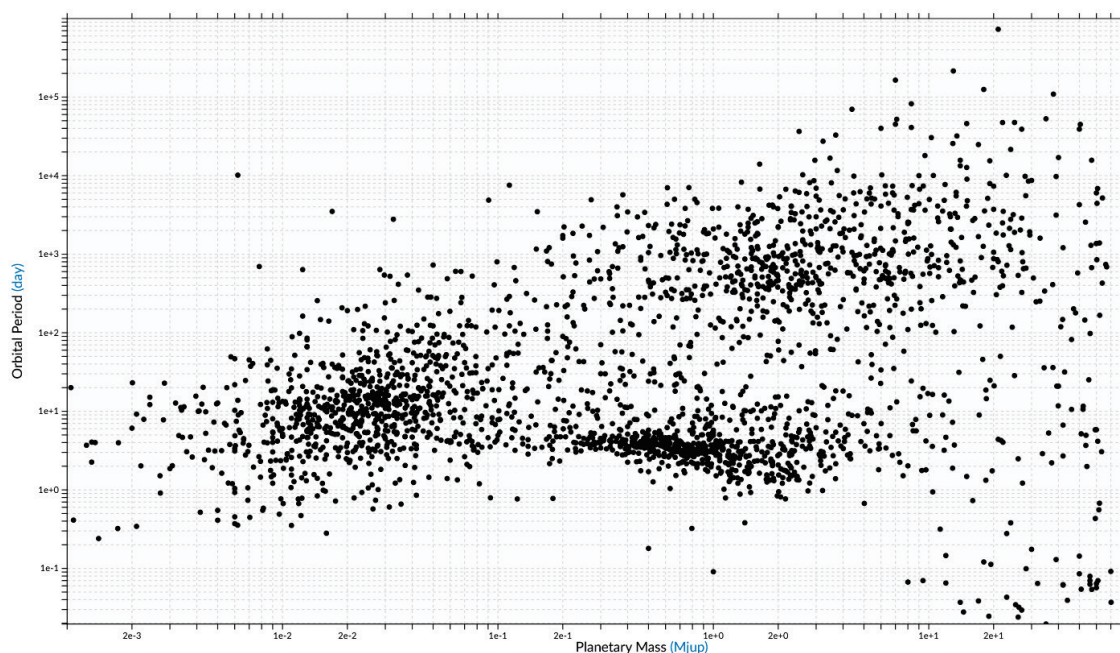
Další dostupná data o exoplanetách

Velmi bohatou databází přesných dat o exoplanetách a hvězdách, okolo kterých obíhají, je online katalog exoplanet.eu [3]. Katalog byl založen v únoru 1995 o více než půl roku dříve, než byl publikován objev první exoplanety (sic!) Dnes obsahuje více než 5000 exoplanet. Pro každou planetu je k dispozici velmi podrobná tabulka včetně údajů o „mateřské hvězdě“. Kromě toho lze z dostupných dat vytvářet zajímavé grafy.

PLANET		STAR	
Basic informations 28 parameters		Basic informations 13 parameters	
Name	HD 73583 c	Name	HD 73583
Planet Status	Confirmed	Distance	31.6 (± 0.032) pc
Discovered in	2021	Spectral type	K4V
Mass	0.0302 (± 0.0057) M_J	Apparent magnitude V	9.67
Mass* $\sin(i)$	—	Mass	0.66 (± 0.02) M_{Sun}
Semi-Major Axis	0.1233 (± 0.0015) AU	Age	0.75 (± 0.02) Gyr
Orbital Period	18.8805 (-0.0011 $^{+0.0024}$) day	Effective temperature	4511.0 (± 110.0) K
Eccentricity	0.093 (-0.066 $^{+0.13}$)	Radius	0.71 (± 0.02) R_{Sun}
ω	170.0 (± 130.0) deg	Metallicity	—
T_{peri}	—	[Fe/H]	—
Radius	0.2436 (± 0.0107) R_J	Detected Disc	—
Inclination	89.61 (± 0.26) deg	Magnetic Field	—
Update	2021-12-29	RA ₂₀₀₀	08:38:45.0
Detection Method	Primary Transit	Dec ₂₀₀₀	-13:15:24
Mass Detection Method	Radial Velocity	Alternate Names	TOI-560
Radius Detection Method	Primary Transit		
Primary transit	2459232.1685 (-0.0025 $^{+0.0018}$) JD		

Obr. 4. Tabulka s údaji o exoplanetě HD 73583 c vygenerovaná online katalogem exoplanet.eu, která pod alternativním katalogovým označením TOI-560 c posloužila v soutěži Hack an Exoplanet ve školním roce 2022/2023 (viz následující kapitola).

Zdroj: [3]



Obr. 5. Ukázka grafu vygenerovaného online katalogem exoplanet.eu. Graf znázorňuje rozdělení hmotností známých exoplanet a jejich orbitálních period. Zdroj: [3]

Z grafu na obr. 5 lze například vyčíst, že většina známých exoplanet obíhá blízko mateřských hvězd (protože mají krátkou orbitální periodu) a většinou se jedná o velké planety podobné Jupiteru či Neptunu. Najdeme tu ale také řadu planet podobných Zemi

obíhající okolo mateřských hvězd v takové vzdálenosti, že by na povrchu těchto planet mohly existovat podmínky vhodné pro život. Graf je navíc interaktivní – v online verzi kliknutí na kterýkoli bod reprezentující planetu otevře stránku katalogu, jejíž ukázkou vidíme na obr. 4.

Hack an Exoplanet

Práce s reálnými daty z kosmické observatoře CHEOPS

Aktivita Evropské kosmické agentury (ESA) je určena pro žáky do 19 let. Jedná se o mimoškolní aktivitu určenou týmům. Ačkoli má aktivita soutěžní prvky, není v skutečnosti přímo nazvána soutěží, není stanoveno pořadí, ale ESA vybírá oceněné týmy.

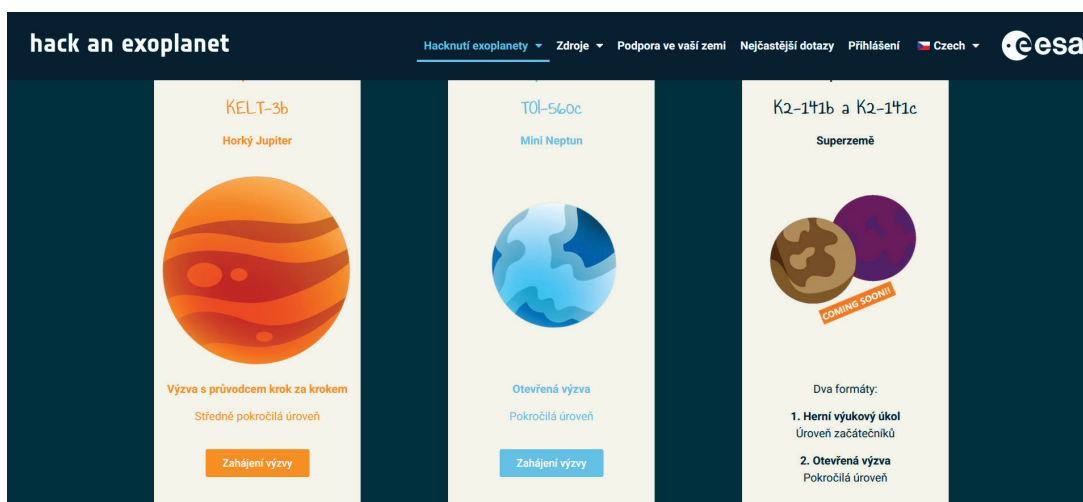
Spodní věková hranice není určena, ale cílí se především na středoškoláky (14+). Minimální počet členů není deklarován, ale předpokládá se, že se zúčastní alespoň dva studenti. Každý tým musí mít mentora. Tím může být jakákoli osoba starší 18 let – učitel, vedoucí kroužku, rodič nebo dokonce i starší spolužák (ten však nemůže být uveden jako člen týmu). Prostřednictvím mentora tým obdrží přístupové údaje pro odevzdávání závěrečné zprávy.



Obr. 6 Úvodní stránka aktivity Hack an Exoplanet s automatickým překladem do češtiny.

Zdroj: [4]

V každém ročníku je vybrána jedna konkrétní exoplaneta (exoplanetární soustava), o níž se soutěžící týmy snaží zjistit co nejvíce informací. Primárně žáci pracují s daty získanými malou evropskou vesmírnou observatoří CHEOPS (**CH**aracterising **EXO**planet **Satellite**). Další informace mohou získávat z jiných zdrojů. Cílem je vypracovat zprávu, která se charakterem může podobat odbornému článku, může se jednat také o prezentaci nebo video.



Obr. 7. Rozcestník s vyřešenými úlohami (ukázková KELT-3b, úloha ze školního roku 2022/2023 TOI-560c) a s připravenou úlohou na školní rok 2023/2024. Zdroj: [4].

Celá aktivita probíhá v online prostředí na webu hackanexoplanet.esa.int. I závěrečná zpráva se odevzdává online. Na webu [4] je k dispozici videonávod v angličtině, návod, jak z dat sondy CHEOPS získat a vypočítat potřebné základní údaje o planetě.

V některých zemích je k dispozici také fyzická podpora. Mezi ně patří i Česká republika, kde ve školním roce 2022/2023 zorganizovalo Hackathon pro soutěžící týmy Planetum s podporou národní kanceláře ESERO (European Space Education Resource Office). Díky tomu jsou k dispozici české podpůrné materiály na YouTube Planetum. Dvouhodinový záznam online kurzu pro potenciální účastníky (žáky a jejich mentory) [5] a podrobný návod, jak postupovat při řešení úlohy a odevzdávání výsledků v online rozhraní [6].

V pilotním prvním ročníku ve školním roce 2022/2023 byly české týmy velmi úspěšné. Zúčastnilo se 16 týmů z České republiky, pět týmů bylo oceněno.



Obr. 8. Statistika týmů a oceněných týmů, které se zapojily do aktivity Hack an Exoplanet 2023/2024. Zdroj: Planetum

Diskuse

Představené aktivity lze využít jako ucelené dílny na téma exoplanet, nebo pouze některé jejich části zařadit na vhodná místa tematických plánů. Výsledky získané v představených aktivitách lze využít jako zajímavý způsob zadání matematických a fyzikálních úloh. I v tomto případě je vhodné provést diskusi, zda získané výsledky jsou reálné (například rychlost planety $170 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$, či poloměr hvězdy $4\cdot 10^9 \text{ m}$ v jednom z pracovních listů). Výsledky lze také využít ke komplexní diskusi o planetách, podmínkách na jejich povrchu, podmínkách o existenci (a formách) života na cizích planetách – to může mít i formu projektu.

Závěr

V dílně jsme představili několik sad materiálů, které lze využít (i po částech) v různých vzdělávacích oborech (především fyzika a zeměpis (geografie)) v rámci vzdělávací oblasti Člověk a příroda. Téma exoplanet má pro žáky velký motivační potenciál daný atraktivitou a momentální popularitou tématu. Na základě úloh a aktivit spojených s exoplanetami také žáci objeví, že prostředky fyziky střední školy a částečně i základní školy, jsou schopni popsat a do hloubky pochopit téma, jímž se dnes zabývá špičková věda.

Literatura

- [1] Klímová, E. et al.: *Školní atlas světa*, Kartografie Praha, Praha 2011 (3. vyd.), ISBN 978-80-7393-074-5
- [2] *Transit Tracks: Teacher Instructions*, © 2008 by the Regents of the University of California
- [3] *exoplanet.eu*, [cit. 20. 11. 2023]. Dostupné online: <https://exoplanet.eu/home/>
- [4] *Hack an Exoplanet*, [cit. 20. 11. 2023]. Dostupné online: <https://hackanexoplanet.esa.int/cz/>
- [5] *Online kurz Hack an Exoplanet – Prozkoumej data z exoplanet*, [cit. 20. 11. 2023]. Dostupné online: <https://youtu.be/eM256EShYac>
- [6] *Návod jak postupovat a vyřešit Hack an Exoplanet 2023*, [cit. 20. 11. 2023]. Dostupné online: <https://youtu.be/eCWx1epJ3Dk>

Seznam příloh

- 01 – Třetí Keplerův zákon graficky.pdf
- 02 – Světelné křivky tranzitů exoplanet.pdf
- 03 – Exoplanety – pracovní list ZŠ – analýza světelných křivek tranzitů.pdf
- 04 – Exoplanety – pracovní list SŠ – analýza světelných křivek tranzitů.pdf
- 05 – Transit exoplanety – ZŠ.pdf
- 06 – Transit exoplanety – SŠ.pdf

Tajemné plátno

Daniel Vybíral

GALILEO SCHOOL Frýdek-Místek

Abstrakt

Tajemné plátno je teambuildingová aktivita, která ve školním prostředí slouží k opakování a prohlubování porozumění učiva jakéhokoli předmětu.

Co je Tajemné plátno

Tajemné plátno je teambuildingová aktivita, která se hraje v týmech o počtu 4 až 6 žáků, nejlépe 5. Menší plátna je možné hrát i v menších skupinách.

Na dílně jsme měli možnost se setkat se třemi druhy tajemného plátna. Kroužkovanou, n-úhelníkovou křížovkou a sémantickou sítí. Součástí řešení tajemného plátna je odhalení toho, jak dané plátno funguje. V tomto článku popíšu, jak funguje sémantická síť, aby učitelé, kteří nebyli na dílně, měli nějakou představu, o co jde. Tuto představu získají nejlépe tak, že si plátno sami zkusí zahrát, nebudou tak ochuzeni o radost z objevu, jak to funguje.

Sémantická síť

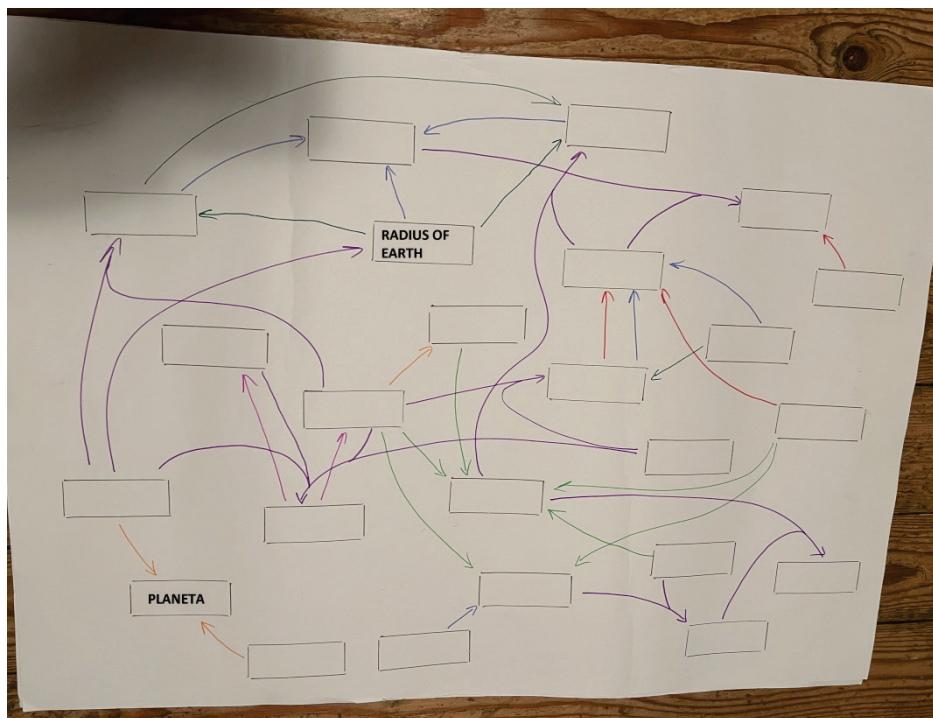
Sémantická síť je mapa, na které jsou políčka, spojená různobarevnými čarami či šipkami.

Součástí hry je i sada kartiček, na kterých jsou slova, která je nutné do mapy doplnit. Cílem hry je doplnit všechna políčka na mapě a objevit tajenku.

Každá barva znamená jinou společnou vlastnost nebo například vztah příčina – důsledek.

Příklad jedné takové hry

Jako příklad přikládám fyzikální sémantickou mapu, kde je na začátku hry vyplněné políčko, na kterém je slovo PLANETA. Hned na začátku hry tak mohou hráči odhalit, že oranžová šipka znamená konkrétní příklad daného tělesa. A protože ve hře jsou dvě planety, Saturn a Země, plátno se pomalu začíná naplňovat. Poté, co je dosazena Země, hráči si mohou všimnout, že od ní vede fialová šipka k RADIUS OF EARTH, tedy poloměru Země, který se někdy používá jako jednotka vzdálenosti, například při porovnávání velikostí planet. Od Země navíc vede další šipka, která je společná pro Zemi a ještě jedno slovo a ústí do políčka, které je vedle poloměru Země.



Obr. 1. Sémantická mapa

Ale už nebudu dále napovídat. Přikládám fotku tohoto plátna tak, jak bývá zadáno na začátku hry. Dále přikládám seznam slov, která se budou doplňovat na prázdná políčka. Pokud si to zkusíte vyrobit, zjistíte, že slov je o jedno méně než prázdných políček. Není to chyba, jedno políčko je tajenka a součástí úkolu je odhalit, které políčko to je a říct, jaké slovo tam má být.

AU	ZEMĚ	MĚSÍC	PLANETA
SATURN	VZDÁLENOST	RADIUS OF EARTH	SVĚTELNÝ ROK
SLUNCE	ZATMĚNÍ	SVĚTLO	HVĚZDA
TEPLO	JOULE	VODA	LED
DUHA	SVÍČKA	STÍN	MINUTA
TACHOMETR	RYCHLOST	ČAS	

Obr. 2. Slova na doplnění do sémantické mapy

Využití hry pro sledování práce žáků

Pro učitele může být zajímavé pozorovat tým při řešení. Často se stává například to, že některý nesmělý žák má nějaký dobrý nápad, nakonec se odváží ho říci, ale nikdo mu nevěnuje pozornost a on sám se neodváží kartičku se slovem na políčko položit. Tým přijde na stejnou věc třeba po 10 minutách řešení. V rámci reflexe je pak možné na tuto skutečnost upozornit, čímž může dojít k povzbuzení nesmělého žáka a možná i k tomu, že si ostatní řeknou, že by bylo dobré naslouchat a přemýšlet o všech nápadech, které zazní při řešení.

Další náměty na využití aktivity

Další využití tajemného plátna je to, že je mohou tvořit sami žáci a sdílet je mezi sebou. A to téměř v jakémkoli předmětu. Je možné je využít v matematice, například v dělitelnosti, samozřejmě ve fyzice a chemii, velmi užitečné je používat je v zeměpise, kde existuje spousta vztahů mezi zeměmi, řekami, městy a pohořími. Tvorbou sémantické sítě žáci přemýšlejí o těchto vztazích a učí se jim lépe porozumět. Také spoustu informací vyhledají, vytrídí a některé použijí, což jsou schopnosti, které se jim budou hodit nejen ve škole.

Závěr

Řešením a výrobou tajemných pláten se žáci dostávají hlouběji do látky vyučované na základní, ale i střední škole, přemýšlí o vztazích mezi pojmy v různých předmětech a také se učí komunikovat v rámci týmové spolupráce.