
Univerzita Karlova, Matematicko-fyzikální fakulta

Dílny Heuréky 2024

Gymnázium Hejčín, Olomouc, 13.–15.9.2024

Dílny Heuréky 2024

Sborník konference projektu Heuréka (Olomouc, 13.–15.9.2024)

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

Pro Katedru didaktiky fyziky MFF UK vydalo nakladatelství MatfyzPress v Praze v roce 2025 jako svou 717. 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 2024 podpořen v rámci Institucionálního plánu pro MŠMT ČR pro Univerzitu Karlovu a Elixírem do škol, z.ú.

1. vydání

ISBN 978-80-7378-524-6

Obsah

Obsah	3
Úvod neúvod – aneb proč tento úvod nenapsala AI	4
Vít Boček: Výroba IR kamery	7
Martina Čáslavová, Miroslava Bělochová: Senzory napříč předměty	13
Aneta Čermáková: Pull-up síť těles	18
Lucia Dovalová: Laboratórium farieb	21
Zdeněk Hubáček: Optika na desku	39
Jakub Jermář: Vernier – jednoduché experimenty do výuky	43
Zdeňka Kielbusová, Pavel Masopust: Kelímky: Nečekaně užitečná pomůcka pro fyzikální experimenty	45
Tomáš Kopřiva: Lidské oko a jeho vady	53
Čestmír Krejčí: Padající a šplhající hračky	69
Martin Kuthan, Jiří Jirout: Hrátky s DNA	80
Vladislav Lang, Jan Šroub: Chyby při měření termokamerou	91
Kateřina Lipertová: Lyžař–robot	102
Václav Pazdera: Vlastnosti IR záření a výroba IR přijímače ze senzoru plamene	107
Věra Pejčochová: Střípky z projektů s tvořivou nadstavbou	112
Edita Petrásková: Měření délky	123
Hana Trhlíková: Fotorezistor na základní škole	125
Gabriela Urbanová: Šifrování a kódování napříč předměty	128
Ľubomíra Valovičová, Martin Štubňa: Vyšetrenie oka	132
Jan Veselý: Postav základnu na Měsíci & Zkoumej Zemi z vesmíru	141
Petr Zacharov: Kde leží duha	154

Úvod neúvod – aneb proč tento úvod nenapsala AI

Dílky Heuréky mají za sebou přes dvě desetiletí¹ a jejich historii dokumentuje, včetně tohoto, už osmnáct sborníků.² A v každém z těch minulých byl úvod. Nějak se stalo, že pod všemi jsem podepsán.³ Takže jsem byl požádán i o úvod k tomuto sborníku. Ale jaké po těch letech vymyslet nové vhodné téma?⁴ Prvoplánově se nabízel fakt, že právě když se konference v Olomouci konala, začínaly na Moravě povodně. Ale to by zjevně nebyl dobrý nápad.⁵

Kde najít jiné téma, nebo rovnou pomoc pro psaní úvodu? Inu, rozhlédneme-li se šířeji, rok 2024 byl přece rokem, kdy se výrazně rozvíjelo použití umělé inteligence. Nebo se o tom alespoň hodně mluvilo a psalo.⁶ Prý nás může inspirovat novými nápady a její využití šetří naši energii a čas. Tak proč napsání úvodu nezadat umělé inteligenci?⁷

Jak to dopadlo, naznačuje podtitulek tohoto úvodu. Možná by mohl být rozvinut dalším „aneb“, za nímž by bylo „Boomerova interakce s AI“.⁸ Stručně tu interakci popíšu, posuďte sami.

Žádné chaty s AI si neplatím, a tak jsem váhal, zda nějaká její neplacená verze by pro vytvoření úvodu byla vhodná. Ale pak se mi před dvěma dny objevila na počítači v práci nová ikonka, a když jsem na ni kliknul – ejhle, spustil se Copilot⁹. Krátce jsem si ho „testnul“ tím, že jsem ho požádal, aby mi napsal program v Pythonu pro nakreslení grafu nějaké funkce.¹⁰ O den později jsme ho s editorkou tohoto sborníku požádali o stručnou rešerši týkající se jednoho tématu ve vzdělávání (jen o pár odkazů), také s úspěchem.¹¹

¹ Viz úvod v loňském sborníku této konference.

² Třikrát zachycoval sborník příspěvky ze dvou ročníků (2003-2004, 2006-2007 a 2009-2010), v roce 2020 se konference kvůli covidu nekonala.

³ Tím se nechlubím, ono je to nejspíš dáno věkem; zkrátka, abych použil krásné vyjádření Honzy Veselého, „už jsem dlouho mladej“. Ono přece jen, když první úvod byl psán v květnu 2005, těžko ho mohl psát někdo z generace alfa. :-)

⁴ Smekám před redaktory týdeníků, kteří musí dvaapadesátkrát do roka napsat nový „editorial“. I když oni se většinou chytanou nějakého aktuálního tématu. V době psaní tohoto textu je to nástup Donalda Trumpa do úřadu prezidenta. Ale to do Dílen Heuréky opravdu tahat nebudeme...

⁵ Jednak povodně samotnou konferenci nezasáhly (Gymnázium Hejčín není v záplavové oblasti), ale hlavně: v posledních letech byly úvody psány spíše odlehčeným a místy nevázným stylem. A to nejde dohromady s tématem ničivých záplav, to by byla nehoráznost.

⁶ Překvapuje mě, že jsem ještě nenarazil na slogan „Kdo nepoužívá AI, jako by nebyl.“ (Pokud jste na něj také dříve nenarazili, tak jste na něj narazili právě teď. :-))

⁷ Třeba by ho napsala kvalitně. Ostatně, větší mišmaš, než je v poznámkách k předchozímu odstavci, snad ani AI nemůže stvořit...

⁸ „Interakce“ zní až příliš akademicky. Možná by lepší bylo „Boomerovo potýkání se s AI“. Jenže to by vypadalo, že jsem s AI vedl řecko-římský zápas – ovšem o něm může AI jen zasvěceně povídat, a já ani to ne. (Úplně na začátku mě napadl ještě chytlavější titlek: „Boomerovo obcování s AI“, ale tím bych se mohl uvrhnout do podezření, co jsem to s AI vlastně vyváděl, a navíc bych se pak nevyhnul dotazům, proč nejdu vymýšlet titulky do bulvárních médií nejnižší kategorie.)

⁹ Tedy MS Copilot, zjevně je to dáno tím, že od loňska máme na fakultních počítačích Microsoft 365. (Přešla na něj hlavně elektronická pošta. Takže „Kdo nemá Outlook 365, jako by nebyl“. :-))

¹⁰ Obstál, programek funguje.

¹¹ Poskytl odkazy na relevantní články, které *existují!* (Až se chce zvolat Heuréka! Dřívější drobná zkušenost s jinými systémy v tomto směru totiž byla tristní. Ale nepomlouvejme, třeba se od té doby vylepšily.)

Takže vše vypadá optimisticky, tak zkusím požádat o ten Úvod.¹² Ale jak mu mám takový úkol zadat? Tak jsem se ho prostě zeptal.¹³ Odpověděl, že to zní jako skvělý nápad, a že mi s úvodem do sborníku rád pomůže. A hned mi napsal, co by ode mě potřeboval. Nebylo toho zrovna málo.¹⁴ Chtěl informace o konferenci (název, ročník, datum a místo, hlavní téma nebo zaměření letošního ročníku), historii konference (stručný přehled včetně významných milníků a změn v průběhu let), program a přednášející (hlavní přednášející a jejich témata, zajímavé workshopy a speciální akce), osobní poznámky a dojmy (zajímavé příběhy nebo anekdoty¹⁵ z minulých ročníků a má očekávání a naděje pro letošní ročník). A také potvrzení, že chci neformální styl a případně specifické požadavky na styl a jazyk úvodu.

Uff! A tohle mi má ušetřit čas? Okamžitě mi blesklo hlavou, že než dávat všechny tyto podklady dohromady a smysluplně je Copilotovi popsat, je jednodušší napsat celý úvod sám.¹⁶

Sdělil jsem Copilotovi, že seznam přednášejících v Úvodu být nemusí, a že co se týče stylu, mohu mu dát úvod z předešlého ročníku ve formě pdf souboru. A zeptal jsem se, jak mu příslušný soubor mohu předat (v rozhraní, v němž si s ním právě píšu). Odpověděl mi, že v současné době nemá možnost v daném rozhraní přijímat soubory, a že mu mám text přímo zkopírovat do chatu.¹⁷

Pak jsem si ale všiml, že v okénku chatu je ikona, která, když na ni najedu myší, říká „přidat soubor“. Tak jsem se Copilota zeptal, jestli to mohu použít. Odpověděl, že to nejde, že tato funkce v současné době není podporována.

Jak ale my fyzici a fyzikáři víme, kritériem pravdy je experiment.¹⁸ Tak jsem zkusil ikonu použít a poslat tak Copilotovi soubor.¹⁹ Poděkoval za zaslání souboru a hned mi napsal jeho stručné shrnutí. Nabídl, že kdybych potřeboval podrobnější shrnutí, rád mi pomůže.

¹² Konec konců si s Copilotem tykáme, tak snad mi vyhoví, že. (Vlastně ani nevím, jak jsme si potykali, ale na tom už nesejde. Nevypadá, že by mu tykání vadilo, a konec konců já jsem starší...)

¹³ Konkrétně jsem vznesl dotaz: „*Jak bych Ti měl zadat úkol napsat úvod do sborníku z konference? Jde o každoroční konferenci učitelů fyziky, kterou pořádáme už asi dvacet let, vycházejí z ní sborníky. Do sborníků jsem vždy psal úvodník v rozsahu jedna až tři stránky A4. Protože se rozmáhá využívání AI, mohlo by být zajímavé, kdyby úvod do sborníku konference z roku 2024 napsala umělá inteligence. Jaké podklady bys potřeboval (a v jaké formě bych Ti je měl dát), abys takový úvod napsal? (Úvody jsem se vždy snažil psát spíše neformálním stylem, bylo by dobře v tom pokračovat.)*“

¹⁴ Konkrétní odpovědi Copilota tady neuvádím ze dvou důvodů. Jednak bych tím částečně zneplatnil titulky, protože v něm píšu, že tento úvod nepsala AI – a kdybych citoval přesné odpovědi, tak by vlastně části textu AI napsala. A jednak jsem Copilota nepožádal o souhlas, abych ho mohl citovat – a co já vím, jestli neplatí nějaký podobný předpis jako GDPR a jestli bych tím neporušil nějaká jeho práva. :-). (Nepravděpodobné, ale člověk nikdy neví.)

¹⁵ Konverzovali jsme česky a opravdu napsal „anekdoty“.

¹⁶ Navíc, má-li mi AI ušetřit čas a práci, rád bych, aby udělala rutinní část práce a mně nechala tu část, která mě baví. Tady to vypadalo, že rutinní shánění podkladů a jejich popis budu muset dělat já a AI pak jen „slízne smetanu“ a vytvoří z toho nějaký vyšperkovaný souhrn. Tůůůdle!

Navíc by možná ten souhrn nebyl ani tak vyšperkovaný a já bych musel vysvětlovat třeba, že seznam přednášejících ani workshopů v úvodu nechceme a nakonec bych musel vzniklé dílko AI kontrolovat a upravovat.

¹⁷ To by tedy při mém stylu s mraky poznámek pod čarou bylo přímo ideální...

¹⁸ Tohle je zřejmě trochu zjednodušené tvrzení, ale snad nám ho filosofové vědy a jim podobní prominou.

¹⁹ Nešlo o úvod sborníku, ale o pár stránek z mých studijních textů z mechaniky.

Upozornil jsem ho, že mi výše napsal, že se mu soubor poslat nedá a zeptal jsem se, proč mi to tvrdil.²⁰ Omluvil se a řekl, že možnost přijímat soubory v tomto rozhraní byla zřejmě nedávno přidána, a že o této nové funkci nebyl informován. A poděkoval, že jsem ho na to upozornil.²¹

Přiznávám, že dál už jsem se Copilota k napsání Úvodu přimět nesnažil. Z naší konverzace jsem si odnesl poučení, že pro pomoc s programováním a pro řešerše zřejmě bude užitečný, pro leccos dalšího asi také – ale úvod do sborníku bude asi jednodušší napsat osobně.²² A tak se také stalo.

Co dodat? Určitě zpět od AI pár věcí k samotné konferenci:

V Olomouci jsme byli s Dílnami Heuréky už podruhé, a bylo to naprosto perfektní. Velký dík patří Jiřímu Kvapilovi a vedení Gymnázia Olomouc-Hejčín.²³ Milou povinností je poděkovat firmě onsemi, která konání Dílen Heuréky 2024 podpořila finančně²⁴ a poskytla i destičku s plošnými spoji a součástky pro pomůcku pro demonstraci funkce usměrňovačů.

Dík patří i všem vedoucím dílen – v příspěvcích v tomto sborníku se přesvědčíte, jak zajímavé věci jsme v dílnách zažili a co jsme si zhotovili. Věřím, že vám budou dobrou inspirací a pomohou vám obohatit vaši výuku.

Tak hodně zdaru ve všem, co ve škole i jinde děláte,

a nashledanou na Dílnách Heuréky 2025²⁵ !

V Praze, 24. 1. 2025

Leoš Dvořák

²⁰ Konkrétně jsem napsal: „Výše jsi mi v tomto chatu tvrdil, že Ti v tomto rozhraní nemohu poslat soubor. Před chvílí jsem Ti soubor poslal a Ty jsi mi z něj vygeneroval souhrn. Proč jsi mi tedy před chvílí tvrdil, že se Ti soubor poslat nedá? (Jak se mohu spolehnout, že Tvé odpovědi budou pravdivé, když Tvá minulá odpověď se ukázala jako nepravdivá?)“

Pozn.: Z jeho odpovědi je vidět, že mu nedělá problém porozumět i textu, který obsahuje překlep. (A že mně bohužel nedělá problém překlep napsat. :- ()

²¹ Když o tom tak přemýšlím, tak mi ho to paradoxně vlastně trochu „zlidšťuje“. Proč bych ho měl hubovat, že neví, jak to v něm či v jeho rozhraní funguje. Vždyť já také přesně nevím, jak mi funguje a čeho je schopno třeba moje vnitřní ucho. A to je také moje rozhraní s vnějším světem. I když v mém případě už nejde o přidávání nových schopností, ale spíš – třeba pokud se týká slyšitelnosti vyšších tónů – o jejich odebírání. :- ()

Pozn.: Vidím, že si muset dávat pozor, abych nepodlehł přílišné antropomorfizaci AI. Ještě bych za chvíli začal tvrdit, že „Copilot je taky jenom člověk“... :- ()

²² Alespoň tentokrát, za rok může být všechno jinak, uvidíme. Na druhou stranu vlastně už letos to „potýkání se s AI“ nebylo k zahoeení, protože dalo inspiraci, o čem v tomto úvodu psát.

²³ A také pracovníkům školní kuchyně a jídelny, neboť „nejen fyzikou živ jest člověk“.

²⁴ Prostřednictvím Elixíru do škol, z.ú.

²⁵ S AI i bez ní, hlavně ať se potkáme jako fyzikáři a jako lidé!

Výroba IR kamery

Vít Boček

Gymnázium Evolution Sázavská, Praha

Abstrakt

Fotoaparáty a kamery dokážou kromě světla zaznamenat i část infračerveného záření, přestože obsahují filtr, který značnou část jeho intenzity odfiltruje. Pro lepší záznam IR záření lze využít toho, že některé kamery je možné rozebrat, vyjmout filtr a opět je sestavit. V příspěvku jsou popsány detaily vypreparování filtru a experimenty, které je možné s takto upravenou kamerou realizovat.

Není kamera jako kamera

Pro zviditelnění IR záření a následnou demonstraci experimentů početnějšímu publiku je vhodné zvolit kameru s možností připojení k dataprojektoru prostřednictvím např. počítače. Zároveň se při rozborce může stát, že dojde omylem ke znefunkčnění kamery, a proto je praktické vybrat kameru s nižší pořizovací cenou. Volba padne přirozeně na levné webkamery z Aliexpressu nebo podobných obchodů. Několik takových kamer jsem pořídil (za cca 70 Kč/kus), ale ukázalo se, že optika v níž se ukrýval filtr, byla zcela zalita lepidlem pro lepší pevnost a robustnost, což znemožnilo nedestruktivní rozebrání kamery.

Následně mi do oka padla USB kamera Raspberry Pi 3 [1], kterou na českém internetovém obchodě hadex.cz prodávají od 99 Kč. Tuto kameru jde rozebrat, složit a v průběhu vyjmout filtr. Při rozebírání prvních kusů jsem kvůli různým chybám několik z nich zničil. Proto v následujícím textu shrnu kroky při rozebírání s patřičnými komentáři a fotodokumentací.

Rozebíráme kameru

Při úpravě kamery je třeba mít na paměti, že při jejím rozebírání a sestavování není v žádném kroku třeba použít neúměrně velkou sílu.

Např. v prvním kroku – vyšroubování šroubků je nutné vyšroubovat oba (obr. 2) – jeden často bývá ukrytý pod nálepkou a lze na něj snadno zapomenout.

Optiku kamery (se „stříbrným“ krytem – obr. 4) je třeba vyšroubovat a dát při tom pozor na správný směr otáčení – pokud bychom zašroubovávali příliš, mohli bychom zničit CMOS čip, a tím celou kameru.

Další krok (obr. 5) je nejpreciznější ze všech. Nožkem je třeba lehce „zapáčit“ okraj plastu, který je krytem pro čočku. Osvědčilo se cca třikrát zapáčit v různých místech po obvodu výstupku. Poté čočka vypadne a pod ní je malé sklíčko – onen IR filtr (obr. 6).

V dalších krocích tedy stačí postupovat zpětným pochodem. Je třeba si však dát pozor na to, aby byla nožem vyndaná čočka dostatečně zatlačena. Jinak by vystupovala a při zašroubovávání optiky do kamery by zničila CMOS čip. Je třeba dát pozor i při zašroubovávání optiky se stříbrným krytem nazpět, abychom nezašroubovali optiku až nadoraz a nezničili CMOS čip. Pro průběžnou kontrolu je tedy vhodné připojit kameru

k počítači a při zašroubovávání (tedy i zaostřování obrazu) průběžně sledovat záznam, dokud obraz není ostrý. V tuto chvíli je možné zašroubovat šroubky a začít experimentovat.



Obr. 1. Kamera.



Obr. 2. Kamera – šroubky.



Obr. 3. Rozebraná kamera.



Obr. 4. Optika kamery.



Obr. 5. Páčení čočky za okraj plastového krytu.



Obr. 6. Rozebraná optika kamery.

Experimenty

Nyní se tedy zaměříme na konkrétní experimenty, které lze s kamerou bez filtru provádět. Je třeba mít na paměti, že jsme vyrobili IR kameru, nikoliv termokameru. Pomocí termokamery je možné sledovat objekty vyzařující IR záření o vlnové délce 7500 nm – 13000 nm, zatímco naší IR kamerou pouze 700 nm – 1000 nm. Můžeme tedy sledovat pouze blízké IR záření z IR LEDek nebo dalších IR zdrojů jako např. sklokeramické varné desky.

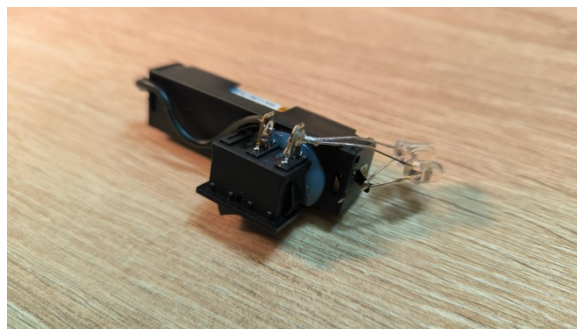
Kamera, LEDka a tma

Abychom mohli sledovat okolní prostor ve tmě (obr. 9), potřebujeme zdroj IR záření. Nejjednodušší je dálkové ovládání od nějakého přístroje. IR LEDka v ovladači však bliká, a tedy osvětluje prostor v nespojitých úsecích, což sice stačí pro demonstraci, ale zajímavější je vyrobit si stálý zdroj IR záření pomocí IR LEDek (obr. 7 a 8), případně si už sestavený LED zdroj koupit.

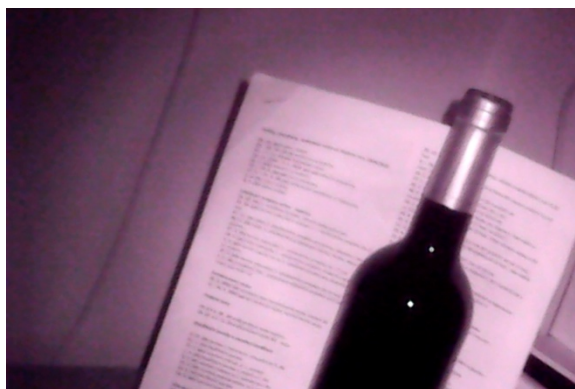
LEDky lze zakoupit např. na hadex.cz [1] nebo gme.cz [2]. Další součástky pro sestavení IR zdroje jako jsou: AA články, držák na AA, vodiče a spínač je možné pořídit také v těchto obchodech.



Obr. 7. IR zdroj (zepředu).



Obr. 8. IR zdroj (zezadu).



Obr. 9. Snímek z kamery ve tmě při IR LED.

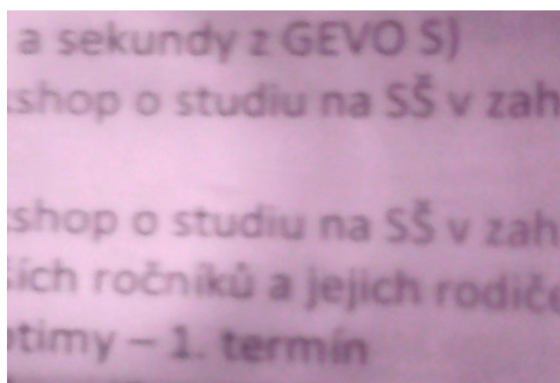
Kamera, LEDka, Cola, víno a modrá skalice

IR záření má některé vlastnosti (např. odraz a lom) podobné světlu, ale některé např. průchodnost různými látkami, resp. rozptyl na částicích dané látky, jsou rozdílné – IR záření projde např. skrz Colu (obr. 10 a 11) nebo červené víno (obr. 12). Naopak roztok modré skalice je pro IR překážkou (obr. 13).

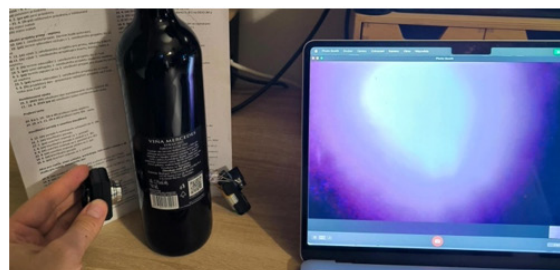
Průchodnost těmito látkami pro různé vlnové délky světla lze demonstrovat také pomocí laserů různých barev. Například paprsek červeného laseru snadno prochází skrz víno nebo Colu, zatímco modrý nebo zelený laser je těmito nápoji pohlcen. Opačná situace nastává u roztoku modré skalice (síran měďnatý), kterým červené světlo neprojde, ale modré či zelené prochází bez větších problémů. Tyto jevy jsou způsobeny selektivní absorpcí světla na molekulární úrovni, kdy molekuly v látkách pohlcují specifické vlnové délky světla.



Obr. 10. IR zdroj prosvěcuje Colu pro kameru.



Obr. 11. S IR LED je vidět text za lahví Coly.



Obr. 12. IR prochází i přes červené víno.



Obr. 13. IR záření je blokováno už několikamilimetrovou vrstvou roztoku modré skalice.

Kamera a vaříč

Silným IR zdrojem je také sklokeramický vaříč (obr. 14). Je třeba zdůraznit, že experiment funguje pouze s tímto typem vaříče (litinové vaříče vyzařují na vyšších vlnových délkách a zahřejí se na teplotu cca 500 K). Spirála sklokeramické desky je vyrobena ze sloučeniny niklu (80 %) a chromu (20 %) (nichrom) ([4],[5]), která se vyznačuje cca desetkrát vyšší rezistivitou než měď a dokáže se zahřát na pracovní teplotu až cca 1470 K [6], ale pokud je součástí sklokeramického vaříče, neměla by teplota přesáhnout cca 970 K [7]. Teplota spirály naměřená bodovým teploměrem s termočlánkem byla 845 K, což můžeme vzhledem k chybě měření brát jako korespondující údaj.

Pojďme nyní výpočtem pomocí Wienova posunovacího zákona ověřit vlnovou délku záření žhnoucí spirály. Pro vlnovou délku vyzařovanou s maximální intenzitou platí:

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T}$$

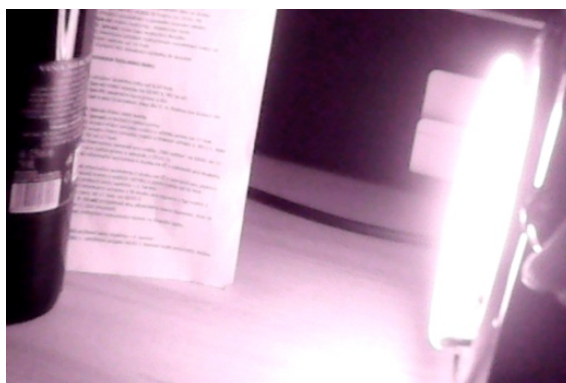
kde b je Wienova posunovací konstanta ($b = 2,897 \times 10^{-3}$ m/K) a T je teplota povrchu spirály. Uvažujeme-li teplotu spirály 900 K, pak vlnová délka vyzařovaná s maximální intenzitou vychází cca 3200 nm. Tuto vlnovou délku CMOS čip v kameře nezaznamená, ale okrajové IR vlnové délky (tedy 700 nm – 1000 nm) už ano. Na obr. 15 je webkamerou bez filtru zaznamenána zářící spirála (v této fázi žhavení ještě nezáří ve viditelném spektru). Na obr. 17 a 18 jsou infračervené vlnové délky spirály, které kamera dokáže zaznamenat, znázorněny růžovou ploškou. Není jich mnoho, ale pro detekci záření stačí.



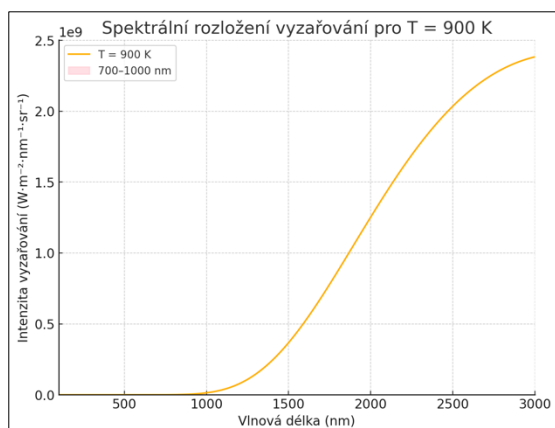
Obr. 14. Vaříč.



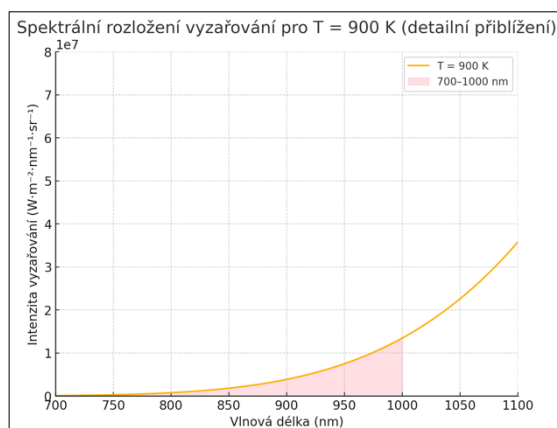
Obr. 15. Spirála v IR září ještě než zčervená.



Obr. 16. Vaříč v IR „osvětluje“ okolí.



Obr. 17. Vyzařování tělesa (900 K).



Obr. 18. Vyzařování tělesa (900 K) – detail.

Závěr

Pomocí USB webkamery a IR LEDek, nebo např. sklokeramické varné desky je možné vytvořit vysílač i přijímač infračerveného záření. Tato sestava může při výuce posloužit jako demonstrační experiment pro zviditelnění „neviditelného“ záření, „rozsvícení“ si ve tmě bez světla, nebo demonstraci průchodnosti IR záření různými látkami a materiály. Za zdůraznění stojí jednoduchost výroby zdroje IR záření i IR kamery, kterou lze snadno přes USB připojit k počítači.

Literatura

- [1] Hadex. Dostupné online:
<https://www.hadex.cz/t628-usb-kamera-raspberry-pi-3/>
- [2] Hadex. Dostupné online:
<https://www.hadex.cz/40ledinfra-led-diody-displeje-led-infra/>
- [3] GM Electronics
<https://www.gme.cz/c/14741/ir-led>
- [4] Wikipedia contributors. *Nichrome*. In: Wikipedia: The Free Encyclopedia [online]. Wikimedia Foundation, [cit. 30. 11. 2024]. Dostupné z:
<https://en.wikipedia.org/wiki/Nichrome>
- [5] Wikipedia contributors. *Heating element*. In: Wikipedia: The Free Encyclopedia [online]. Wikimedia Foundation, [cit. 30. 11. 2024]. Dostupné z:
https://en.wikipedia.org/wiki/Heating_element
- [6] MILNE, John E., GILER, Roger. *Nickel Chromium Alloys for Electric Resistance Heating*. In: Nickel Institute[online]. [cit. 30. 11. 2024]. Dostupné z:
https://nickelinstitute.org/media/8daa61d1e3de7e5/10041_nickelchromiumalloysforelectricresistanceheating.pdf
- [7] CORNWELL, Barry T., KETCHAM, David M. *Temperature limiting arrangement for a glass-ceramic cooktop appliance*. US4740664A. [online]. United States Patent and Trademark Office, 1988. [cit. 30. 11. 2024]. Dostupné z:
<https://patents.google.com/patent/US4740664A/en>

Senzory napříč předměty

Martina Čáslavová a Miroslava Bělochová

Základní škola Jungmannovy sady Mělník, p. o.

Abstrakt

Ukázky využití senzorů Pasco na ZŠ – od nápadu, přes tvorbu úlohy, realizaci ve výuce, vyhodnocení dat a prezentaci práce. Úlohy z výuky a popis, jak vznikají, sdílejí se, upravují a neustále inovují.

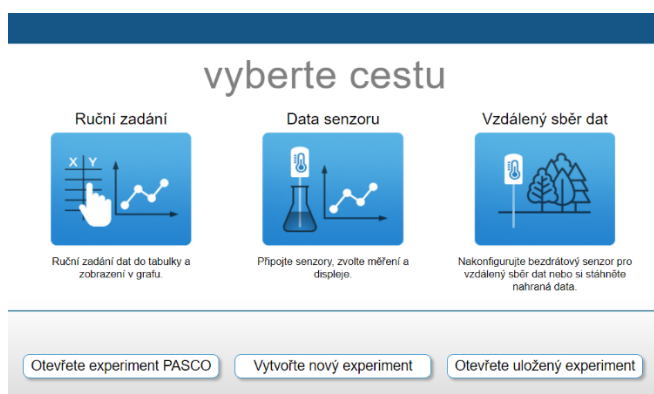
Úvod

Naším společným cílem bylo představit práci se senzory od firmy Pasco, které používáme při výuce přírodních věd na naší základní škole. Již skoro deset let se snažíme začlenit moderní technologie do výuky fyziky, chemie, biologie, ale i základů přírodních věd, přírodopisu, zeměpisu a matematiky. Snažíme se být oporou pro tradiční zájemce o práci se senzory, ale i pomocníky pro začátečníky, nejen z naší školy. Za tuto dlouhou dobu se nám podařilo nashromáždit, vyzkoušet a doladit velké množství materiálů, pracovních návodů a popisů, jak se senzory pracujeme, které bychom rády nabídly zájemcům.

Tvorba úloh

Vytváříme si sady úloh pro žáky naší školy (I. i II. stupeň) na přírodovědu, fyziku, chemii a biologii, ale i na projekty, kdy propojujeme témata a předměty.

K vlastní tvorbě úloh využíváme program SPARKvue, který slouží nejen ke sběru a analýze dat, ale i k tvorbě vlastních návodů, pracovních listů, jejich exportu a sdílení. V současné době je software dostupný i v online verzi [1].



Obr. 1. Pohled na úvodní stránku programu.

Chceme žáky zaujmout a podpořit jejich zájem o bádání a experiment. Máme proto na mysli, že úloha by měla odpovídat věku. Z počátku jsou úlohy obrázkové, často s pohádkovou zápletkou. S postupem ročníků si můžeme dovolit více textu, otázek a doplňování. Naši žáci pracují se senzory, zapojením, sběrem a zpracováním dat postupně a pravidelně, což s sebou přináší i značnou dávku samostatnosti.

Příprava témat

Co se týče výběru témat, musíme upozornit, že se snažíme rozdělovat úlohy do každého ročníku a využívat veškeré naše vybavení. Snažíme se reagovat i na aktuální témata. Pravidelně práce inovujeme a upravujeme.

Práce v Programu SPARKvue

K přípravě úloh využíváme Canvu a Malování. V přípravě stránek musíme dbát i na velikost a rozložení objektů, pro vhodné nastavení případných textových polí a polí pro práci s daty, grafy, modelování.

Příprava hodiny

Nedílnou součástí přípravy je aktualizace softwaru u notebooků a stolních počítačů. V dnešní době využíváme tablety a sdílíme úlohy z uložště. Využíváme i online program.

U přípravy senzorů musíme pamatovat na včasné dobíjení a kontrolu stavu senzorů. Na škole máme modré senzory (s kabelem) a bílé Pasco AirLink, které umožňují bezdrátové připojení, i v modré (starší) verzi senzorů.



Obr. 2. Pasco AirLink.

Protokol písemný nebo v elektronické podobě

V prvotních úlohách jsme ocenily možnost ukládání protokolu elektronicky, přes ikonu „foťáčku“ a následný export protokolu vyučujícím na server nebo e-mailem. V dnešní době preferujeme spojení elektronické úlohy a doplnění pracovního listu, který si žáci následně vlepi do sešitu a mohou tak, i s odstupem času, využívat vědomosti a dovednosti z praktické úlohy. Stále častěji využíváme měření se senzory jako úvodní vstup do nového tématu – jak je uvedeno v přiložené práci na atmosférický tlak.

2. Pracovní list

Dokazujeme existenci atmosférického tlaku

pracujeme ve skupině

Jméno:

Třída:

Datum:

V předchozích hodinách jsme si popsali historii objevu atmosférického tlaku. Jistě jste si všimli, že článek pojednávající o historii objevu nebyl dokončen. Jak to jen Torricelli a jeho žáci provedli, aby existenci atmosférického tlaku dokázali? Co myslíte?

Ještě jednou se k textu vraťte a v týmu zkuste vymyslet pokus, kterým byste důkaz provedli. Na provedení nedostanete skleněnou trubicí naplněnou jedovatou rtutí. Dneska už jsme dál a naše čidla jsou mnohem více přesná. Každý tým dostane k měření tablet a senzor měření tlaku.

1. Podrobně popište návrh, jak experiment plánujete provést. Pokud si nebudete jisti, prokonzultujte návrh s učitelem. Na provedení pokusu máte čas do konce hodiny.

Obr. 3. Ukázka PL – Učíme se o atmosféře.

Senzory a Nová informatika

Mezi témata Nové informatiky patří Digitální technologie, Data a informace, Grafy a modelování [2] a to jsou právě oblasti, které se dají využít i při sběru, třídění, zpracování a vyhodnocování dat, která žáci mohli pomocí senzorů zjistit.

Spolupráce mezi předměty

Zaměřujeme se na čtenářskou gramotnost, zařazujeme i popularizační vědecké texty a práci s nimi. Ukázku takové práce naleznete v příloze – **Učíme se o atmosféře**. Na uvedené práci si dovolíme ukázat, jak propojujeme historii se současností, senzory a praktické měření, badatelskou výuku a diskuzi mezi žáky a učitelem.

Právě díky spolupráci mezi předměty můžeme plně využívat měření se senzory, vytváření úloh v programu SPARKvue. Spolupráce učitelky přírodních věd a vyučující informatiky přináší velké možnosti. Předem se domluvíme, ve kterém týdnu/ročníku/tématu pracují žáci na vybrané úloze. Stanovíme si cíle a výstupy prací – protokol, program, model. Po skončení uvedeného období se sejdeme a společně vyhodnotíme protokoly žáků. Uvedená setkávání a společné nastavení hodnocení nás postupně přeneslo do oblasti formativního hodnocení.

Senzory na I. stupni ZŠ

Snažíme se zapojit i kolegyně z I. stupně naší školy a nabízíme úlohy do projektového vyučování – viz ukázky úloh **Pasco a Karkulka**, ve kterých se žáci naučí pracovat se senzory, pohybovat se v prostředí úlohy programu SPARKvue. Hravou formou, na pozadí známého příběhu, se malí badatelé podívají na svět z jiného úhlu a hledají odpovědi např. na otázky: Proč nenosí ovce deštníky? Jak těžká je Karkulka, i s košíčkem?



Obr. 4. Ukázka návodu měření, vložené do úlohy, v programu SPARKvue.



Obr. 5. Ukázky v programu SPARKvue.

Závěr

Společně přemýšlíme a vytváříme úlohy, reagující na aktuální témata vědy a techniky, změny klimatu, moderní technologie, programování. Vracíme se k historickým souvislostem, hledáme spojitosti. Propojujeme využití IT ve výuce, sdílíme a ukládáme práce na společná uložiska. Žáci mohou diskutovat a obhajovat svoje názory a představy.

Dovolujeme si účastníkům Heuréky nabídnout naše práce [3] a vřelé doporučení – nebojte se senzorů, měření a využití technologií ve výuce.

V příloze naleznete:

- Učíme se o atmosféře – veškeré materiály k úloze

Literatura

- [1] Pasco, partner pro ČR. Dostupné online: <https://pasco.cz/>
- [2] Národní pedagogický institut, Nová informatika. Dostupné online na: <https://digitalizace.rvp.cz/>
- [3] Experimentujme.cz, Medializace přírodních věd na ZŠ Jungmannovy sady Mělník. Dostupné online na <https://experimentujme.cz/podpora/projekty>

Pull-up síť těles

Aneta Čermáková

ZŠ a MŠ Červený Vrch, Praha 6

Abstrakt

Na této dílně jsem účastníkům představila síť geometrických těles, ze kterých lze jednoduchým zatažením za provázek složit těleso prostorové. Aktivita je inspirována příspěvky na sociálních sítích, kde je již mnozí účastníci dříve viděli. Dílna samotná ale přinesla hotové šablony pro použití s žáky a prostor pro výrobu vlastních těles například na školní nástěnku.

Co je to „pull-up“ síť tělesa?

Někteří z účastníků dílny přicházeli s obavami, protože si název dílny „pull-up“ přeložili jako shyb a báli se, že budeme cvičit na žebřinách či bradlech.

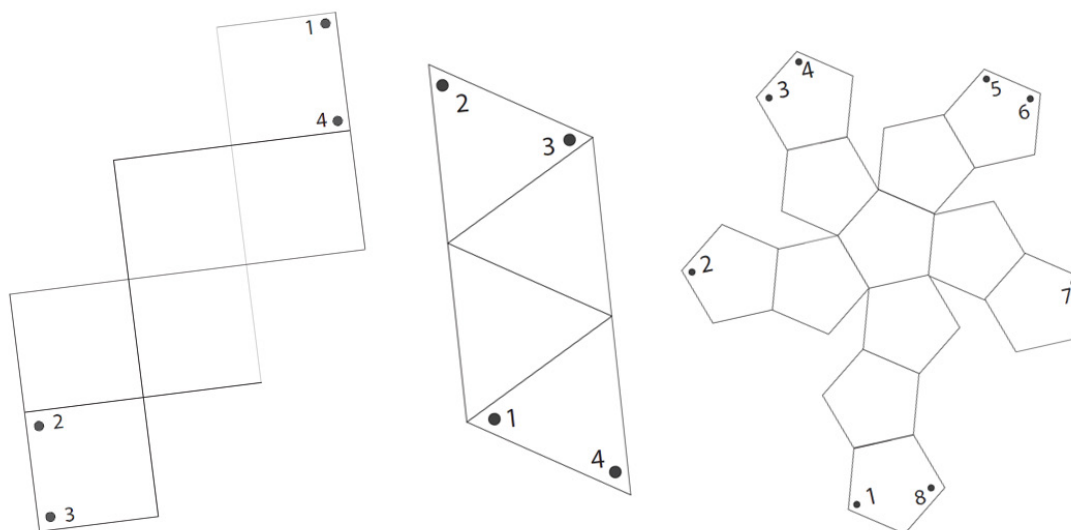
Pull-up ve spojení se sítěmi geometrických těles bych přeložila spíše jako *přitáhnout* nebo *povyťáhnout*. Z papíru vystřižené síť těles jsou protkané provázkem, za který když zatáhneme, síť se složí do prostorového tělesa.

Pro žáky je tato pomůcka velice lákavá, překvapivá a hlavně interaktivní, takže vede k lepšímu pochopení a přenosu ploché sítě do tělesa v prostoru.

Inspiraci jsem našla a šablony přejala z webu [1].

Jak na to?

V příloze tohoto příspěvku najdete šest šablon připravených k tisku na papíru formátu A4.

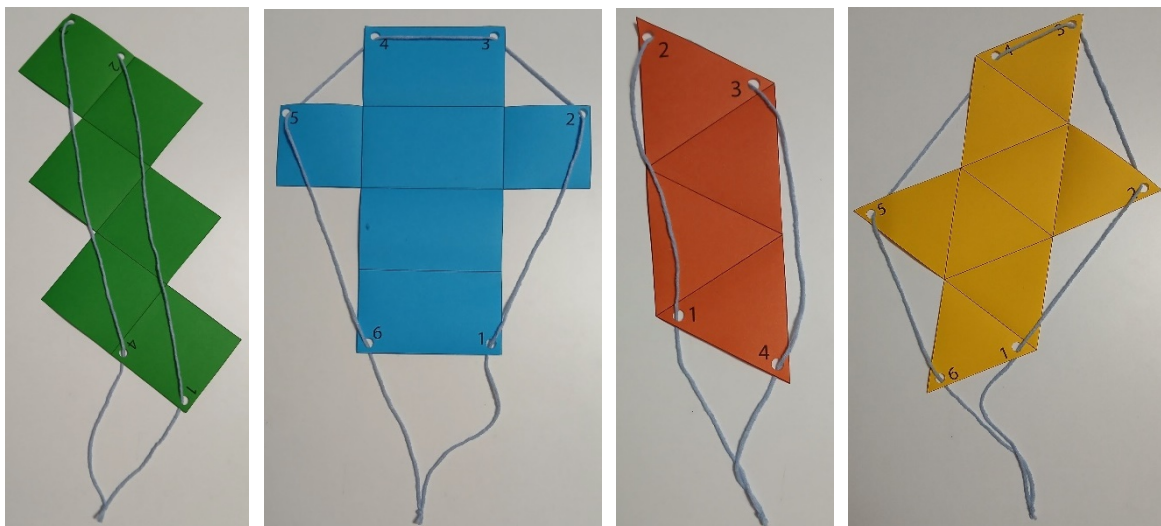


Obr. 1. Ukázka šablon sítí těles.

Šablonu si vytiskneme a zpřehýbáme podél všech hran. To je důležité udělat opravdu pečlivě, aby se po zatažení za provázek těleso podél těchto hran opravdu zohýbalo.

Jako druhý krok do sítě musíme udělat díry v označených a očíslovaných místech. Lze to udělat kancelářskou děrovačkou. Pouze v případě dvanáctistěnu doporučuji udělat díry něčím menším nebo spíše dále od okraje sítě, aby nedocházelo k protržení díry provázkem.

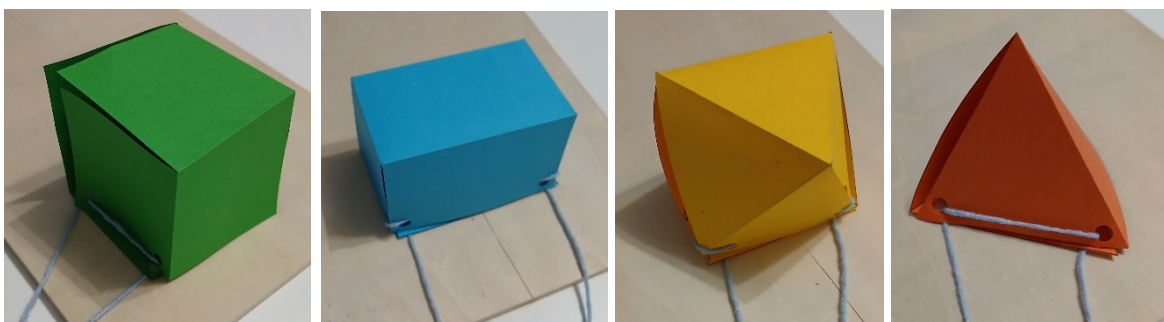
Otvory v síti protáhneme provázek. Na dílně jsme vyzkoušeli, že ideální je co nejméně chlupatá pletací nebo háčkovací příze. Hlavně při nákupu pro velké množství žáků je tato varianta výhodná. Případně je možné použít tenký provázek, ale zase ne moc tenký, aby neprořezával papír. Postupujeme podle čísel od 1 k číslu 2, 3, Když dojdeme zpět k prvnímu otvoru, provázek zavážeme do smyčky.



Obr. 2. Síť s provázkem.

Část sítě (stěnu tělesa), která obsahuje číslo 1 přilepíme k podložce. Žáci si mohou takto připravenou síť tělesa přilepit touto stěnou do sešitu. No a pak už stačí jen zatáhnout za provázek a sledovat, jak se těleso zvedne a složí.

Občas je potřeba těleso trošičku „vychovat“, aby se skládalo správně.



Obr. 3. Složená tělesa po zatažení provázku.

Odolnější modely na nástěnce

Účastníci dílny si měli možnost vyrobit i odolnější modely například na školní nástěnce. Vytisknuté šablony jsem zalaminovala a dále jsme s nimi postupovali naprosto stejně.

Závěr

Během dílny jsem byla moc ráda za návrhy a nápady účastníků pro vylepšení. Zde uvádím některé z nich:

- Tělesa na nástěnku vytisknout ve větším formátu.
- Hrany zalamínovaných těles mírně perforovat/vytlačit nůžkami či nožíkem.
- Zalamínované sítě rozstříhat podél hran a hranu zpět slepit průhlednou izolepou, aby se hrany lépe ohýbaly.
- Vytvořit všech 11 sítí krychle ve verzi pull-up a ukázat žákům, že ze všech lze krychle složit.

Literatura

- [1] <https://mr-mathematics.com/pull-up-nets/>

Laboratórium farieb

Lucia Dovalová

Kremík – mladý chemik

Abstrakt

Laboratórium farieb, súbor chemických experimentov, hlavne farebných a o farbách, ktoré vyústia do zaujímavého výtvarného tvorenia, je projekt, ktorý som predstavila počas Dielní Heuréka 2024.

Nájdete tu niekoľko jednoduchých experimentov s podrobným postupom k ich realizácii, ktorých základom sú farebné zmeny rôznych pH indikátorov, prípadne v kombinácii s redoxnými indikátormi.

Farebná banka

„...a môžeme teraz už všetko zmiešať?“, otázka, ktorú mi často kladú všetečné detúrence počas experimentovania na chémii. V tomto experimente to bude tak trochu dovolené, pretože budeš skúmať a miešať „farby“.

Základom experimentu bude tzv. „modrá banka“.



Obr. 1. Modro-cyklámenová banka.

Roztok v nej pripravíš rozpustením zadaného množstva hydroxidu sodného a glukózy vo vode. Indikátor, ktorý je v roztoku v banke najprv modrý a po pár minútach sa odfarbí, nie je pH ale redoxný indikátor. Redoxné indikátory je možné použiť okrem iného aj na vizualizáciu redukčných či oxidačných vlastností reakčnej sústavy, pretože sú schopné rýchlej a reverzibilnej zmeny farby. Na tento účel sa v tomto experimente používa chemická látka metylénová modrá, ktorú chovatelia rybičiek veľmi dobre poznajú ako prípravok proti krupičke, prípravok na dezinfekciu akvária.

V banke v reakčnej sústave prebiehajú oxidačno-redukčné reakcie. Glukóza sa v alkalickom roztoku oxiduje a metylénová modrá, pôvodne modrej farby sa redukuje na bezfarebnú formu. Ak je k dispozícii dostatok kyslíka, dochádza k reoxidácii indikátora a modrá farba roztoku opäť pretrváva. Tento krok sa dosiahne pretrepávaním banky – kyslík prítomný vo vzduchu v hornom priestore uzavretej banky sa dostane do roztoku, rozpustí sa v ňom a oxiduje metylénovú modrú späť na jej farebnú, teda modrú formu. Ako sa kyslík postupne mŕňa, farebná zmena je čím ďalej tým slabšia až napokon úplne ustane.

Existuje niekoľko verzií či variácií uvedeného experimentu. Napríklad ak namiesto metylénovej modrej použiješ indigokarmín, pozoruješ farebné zmeny, ktoré sú dokonca tri a pripomínajú farby semafora. Preto sa tento experiment nazýva aj „chemický semafor“.

Inou verziou tohto farebného experimentu je použitie redoxného indikátora v kombinácii s pH indikátorom. Keďže redoxná reakcia prebieha v alkalickom čiže zásaditom prostredí, pH indikátor bude na toto prostredie farebne reagovať. Ako pH indikátor môžeš použiť niektorý z prírodných výluhov rastlín, alebo fenolftaleín, syntetický pH indikátor.

Pomôcky:

guľatá banka, gumená zátk, sklenená tyčinka, lyžička, váhy, pipeta/striekačka, kadičky, hodinové sklíčko

Chemikálie:

výluh z vianočnej ruže/červenej kapusty/kurkumy, voda, metylénová modrá, fenolftaleín (0,1 % roztok), hydroxid sodný, glukóza

Postup:

1. Rastlinný výluh z vianočnej ruže/červenej kapusty/kurkumy pripravíš podľa postupu uvedenom nižšie v časti **Farebná škála hodnôt pH niektorých prírodných indikátorov**.
2. Do guľatej banky s objemom 100 ml nalej minimálne do 2/3 vodu.
3. Vo vode v guľatej banke rozpusti 2 g NaOH.
4. Do roztoku kvapni pár kvapiek jedného pH indikátora, zamiešaj a pozoruj farbu/farebnú zmenu indikátora v zásaditom roztoku.
5. Do roztoku v guľatej banke pridaj 2 g glukózy, miešaj až kým sa glukóza nerozpustí.
6. Do roztoku pridaj pár kvapiek metylénovej modrej, zamiešaj.
7. Banku zazátkuj gumenou zátkou a pozoruj sfarbenie/farebnú zmenu roztoku
 - ihneď po zamiešaní a
 - po pár minútach.
8. Keď sa farba roztoku zmení, obsah banky intenzívne zamiešaj pretrepaním a opäť pozoruj sfarbenie.
9. Postup zopakuj s ďalšími pH indikátormi.
10. Všetky farebné zmeny zaznamenaj (zakresli alebo zapíš) do tabuľky.

Banka č.	1.	2.	3	4.
Redoxný indikátor	metylénová modrá			
Farba redoxného indikátora				
pH indikátor	vianočná ruža	červená kapusta	kurkuma	fenolftaleín
farba pH indikátora po pridaní do zásaditého roztoku				
farba roztoku po pridaní pH aj redoxného indikátora				
farba roztoku po pár minútach				
farba roztoku po premiešaní				

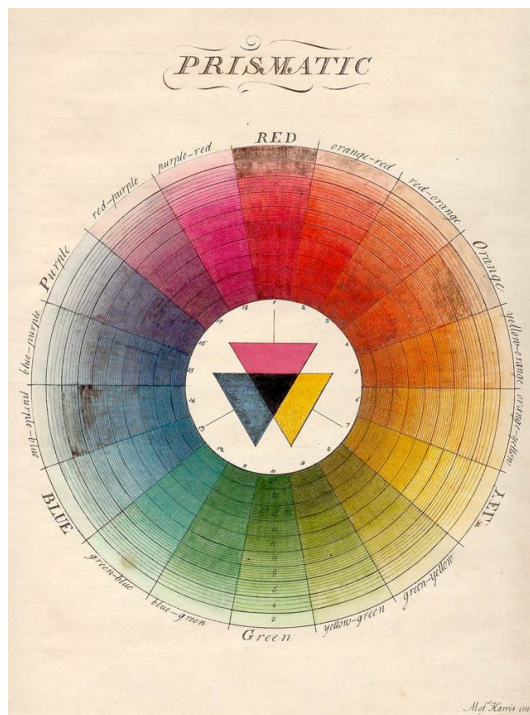
Obr. 2. Tabuľka farebných zmien – prázdna.

Banka č.	1.	2.	3	4.
Redoxný indikátor	metylénová modrá			
Farba redoxného indikátora				
pH indikátor	vianočná ruža	červená kapusta	kurkuma	fenolftaleín
farba pH indikátora po pridaní do zásaditého roztoku				
farba roztoku po pridaní pH aj redoxného indikátora				
farba roztoku po pár minútach				
farba roztoku po premiešaní				

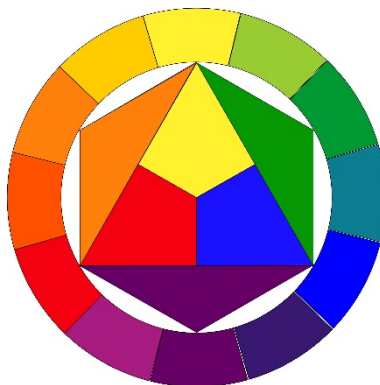
Obr. 3. Tabuľka farebných zmien – vyplnená

Podľa vopred pripravených farebných stupníc prírodných pH indikátorov (nasledujúci experiment – *Farebná škála hodnôt pH niektorých prírodných pH indikátorov*) viete predpokladať sfarbenie použitého indikátora v zásaditom prostredí. Keďže pH roztoku v banke sa počas priebehu redoxnej reakcie nemení, zostáva zásadité, nemení sa ani sfarbenie pH indikátora. Čo sa ale mení je farba redoxného indikátora metylénovej modrej – na začiatku (v oxidovanej forme) je modrý a po čase (keď dôjde k jeho redukcii)

sa stáva bezfarebným. A to má vplyv na výslednú farbu roztoku v banke. Pretože ak zmiešame dve rôzne farby, vznikne tretia, no ak jednu z nich odoberieme preč, ostane len jedna pôvodná farba. Najlepšie graficky znázornené miešanie farieb predstavuje Harrisovo farebné koleso, ktoré v jednoduchšej verzii používajú výtvarníci dodnes. Obsahuje tri základné farby (v trojuholníku), ktorých kombináciou vznikajú farby sekundárne (šesťuholník) a ďalším miešaním až terciárne farby (kruh).



Obr. 4. Moses Harris, The Natural System of Colours.



Obr. 5. Harrisovo farebné koleso používané dnes.

Tipy:

- V experimente môžeš vyskúšať aj iné prírodné či syntetické pH indikátory
- Od množstva pridaného indikátora závisí intenzita sfarbenia roztoku a následne aj sýtosť či farebný odtieň farby roztoku po zmiešaní indikátorov.
- Množstvo hydroxidu sodného a glukózy (po 2 g na 100 ml vody) je pre daný objem vody stanovené tak, aby reakcia neprebiehala príliš rýchlo ale ani príliš pomaly. Môžeš vyskúšať zmeniť toto množstvo a zistiť aký vplyv to má na rýchlosť chemickej reakcie.
- Video k experimentu Farebná banka - miešanie farieb nájdeš vo videu [1]

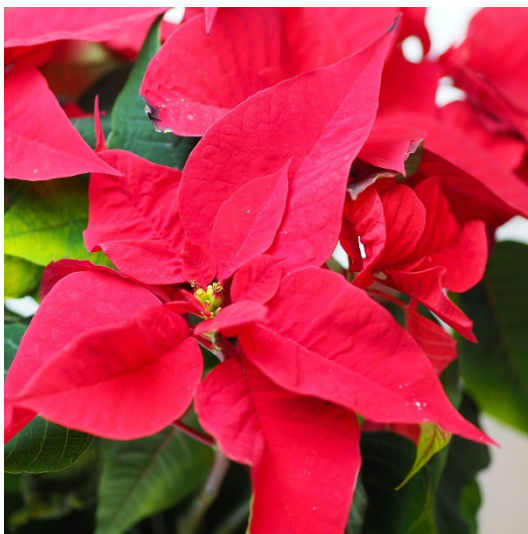
Upozornenie:

- Žiaci ZŠ a SŠ môžu pracovať len s 0,1 % roztokom fenolftaleínu.

Farebný rozsah niektorých prírodných pH indikátorov

Určite poznáš aspoň jeden rastlinný pH indikátor, ktorý mení svoje sfarbenie v závislosti od kyslosti či zásaditosti skúmaného prostredia. Látky, pigmenty, ktoré sa nachádzajú v rastlinke a sú príčinou tejto farebnej zmeny, sa volajú antokyany. Antokyány (z gréckych slov *άνθος* (ánthos) = kvet, *κυανός* (kyanos) = oceľovo modrý) sú rastlinné pigmenty, ktoré spôsobujú modré, fialové alebo červené zafarbenie mnohých kvetov, plodov či vegetatívnych orgánov. Napríklad sa podieľajú na modrom sfarbení kvetov fialiek, červenom sfarbení kvetov divých makov, muškátu či ibišteka a tiež spôsobujú zmenu farby kvetov plúcnika lekárskeho z ružovej, cez fialovú až po modrú. Sú obsiahnuté vo vtáčom zobe, ríbezli čiernej, čučoriedke, cvikli. Môžu sa nachádzať aj v listoch, a sfarbovať ich do modra, čo pozorujeme u červene kapusty. Antokyány sú citlivé na pH a ich farba sa mení v závislosti od kyslosti či zásaditosti prostredia.

Podľa inštrukcií pripravíš svoje vlastné farebné škály pH stupnice troch rôznych rastlín, ktoré obsahujú antokyány a jednej rastliny, ktorá obsahuje inú pH citlivú chemickú látku. Tieto farebné pH stupnice môžu v budúcnosti slúžiť ako referenčné pri určovaní pH skúmanej vzorky v prípade ak použiješ opäť jeden z daných štyroch rastlinných pH indikátorov. Alebo ich môžeš zaujímavo využiť vo výtvarnom tvorení (experiment *Pop art s prírodným pH indikátorom*, *Zmizík alebo pozitív a negatív a Farebné banky*).



Obr. 6. Vianočná ruža.

Prvou rastlinkou je u nás dobre známa a obľúbená vianočná ruža. Červené sfarbenie jej vrcholových listov, listeňov spôsobujú práve antokyány. Vianočná ruža pochádza zo Strednej Ameriky, z oblasti južného Mexika. Poznali ju už starovekí Aztékovia, ktorí z nej pripravovali farbivo na textil i do kozmetiky, a dokonca vedeli z nej vyrobiť aj liek proti horúčke. Vianočná ruža kvitne v zime, v mesiacoch november a december a jej listene svojim tvarom a usporiadaním pripomínajú hviezdu. Vo svojej domovine má dostatok slnka, a preto je dobré ju pestovať na presvetlenom mieste.



Obr. 7. Cvikla.

Druhá rastlina, cvikla, má antokyány sústredené v podzemnej koreňovej časti. Aj vďaka obsahu týchto farbív (plus iných dôležitých živín, prvkov, vitamínov) by mala byť cvikla samozrejmosťou nášho jedálneho lístka. Antokyány z cvikle zabráňujú totiž krehnutiu ciev, spevňujú stenu vlások. Prvé záznamy o cvikle sú staré asi 3 000 rokov a pochádzajú z Babylonie. Bola známa aj v starom Ríme, kde ju bohato využívali, jednak ako jedlo, ale najmä ako liek.



Obr. 8. Červená kapusta.

Myslím že tretiu rastlinu poznáš najlepšie, pretože je najbežnejšie používaným prírodným pH indikátorom – červená kapusta. Keďže jej listy obsahujú antokyány, rastlina môže meniť farbu podľa hodnoty pH pôdy, v ktorej rastie. V kyslých pôdach rastú listy viac červenasté, v neutrálnych pôdach budú fialovejšie, zatiaľ čo v zásaditej pôde sa vytvoria kapustné hlávky so zelenožltými listami. To vysvetľuje skutočnosť, že tá istá rastlina je v rôznych oblastiach známa rôznymi farbami.



Obr. 9. Kurkuma.

Posledná rastlina, ktorú môžeš použiť ako pH indikátor je kurkuma. V pakoreňoch tejto trvácej tropickej rastliny sa nachádza kurkumín, prírodné pH citlivé žltó-oranžové farbivo. Sušené pakorene kurkumy sa melú na jemný prášok, ktorý sa používa ako korenie, dochucovadlo jedál alebo aj potravinárske farbivo.

Ako pripravíš výluh z vianočnej ruže, ktorý bude slúžiť ako pH indikátor, si môžeš pozrieť vo videu [2]. Výluhy ďalších rastlín pripravíš obdobne.

Pomôcky:

kadička alebo varný hrnček, sklená tyčinka/palička na miešanie, čajová lyžička, varič, banka/fľaška, gáza/sitko, 7 kadičiek/pohárov, 4 sady po 7 malých sklenených fľaštičiek alebo skúmaviek, pipeta/striekačka

Chemikálie:

vianočná ruža s červenými listami/surová cvikla/surová červená kapusta/kurkuma prášok, voda z vodovodu, destilovaná voda, pracia sóda (uhličitan sodný), sóda bikarbóna (hydrogenuhličitan sodný), ocot (kyselina octová 8%), citrónová šťava, univerzálne indikátorové pH papieriky

Postup:

1. Príprava rastlinného výluhu:

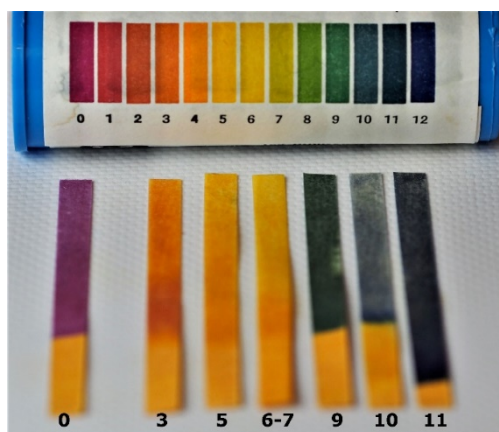
- Červené listene jedného kvetu vianočnej ruže natrhaj na menšie kúsky, vlož ich do hrnčeka a zalej približne 1 dcl vody.
Rovnaký postup zopakuj s červenou kapustou – natrhaj 2-3 listy.
Cviklu nastrúhaj alebo nakrájaj na menšie kúsky
Kurkumového prášku postačí pridať jednu čajovú lyžičku
- Zmes zohrej až do varu a chvíľu povar. Nechaj vychladnúť a odstáť aspoň 1 hodinu, a potom prefiltruj cez gázu alebo sitko do čistej fľašky.

2. Do siedmich kadičiek/pohárov priprav zásobné roztoky s rôznym pH:

- **1. kadička** – nasýtený roztok pracej sódy
- **2. kadička** – nasýtený roztok pracej sódy zriedený vodou 1:5 (*túto vzorku môžeš ale nemusíš vynechať*)
- **3. kadička** – nasýtený roztok sódy bikarbóny
- **4. kadička** – voda z vodovodu
- **5. kadička** – destilovaná voda
- **6. kadička** – ocot (8% kyselina octová)
- **7. kadička** – koncentrovaná citrónová šťava

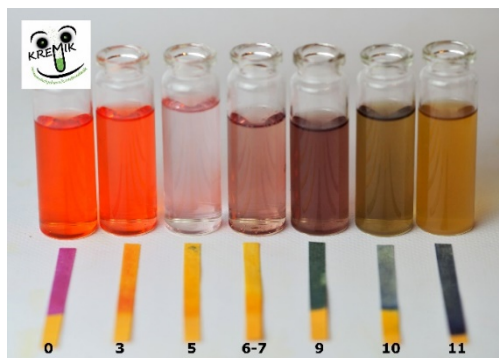
Pokiaľ máš k dispozícii kyselinu chlorovodíkovú alebo kyselinu sírovú, môžeš ju použiť ako zásobný roztok č.7 namiesto citrónovej šťavy.

3. Pomocou univerzálnych indikátorových papierikov zisti pH pripraveného roztoku v každej kadičke (ak máš k dispozícii digitálny pH meter, odmeraj pH roztokov pomocou neho).



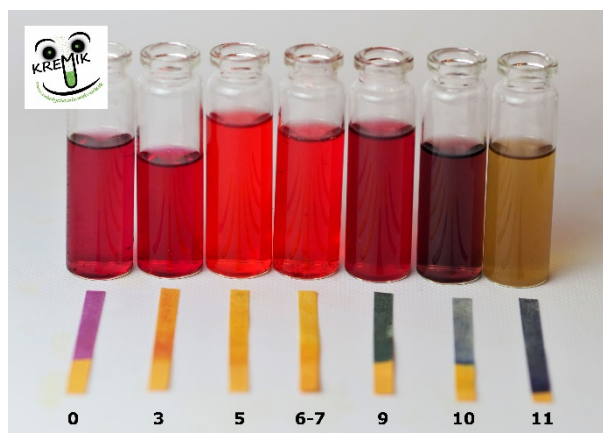
Obr. 10. Hodnoty pH pripravených vzoriek zistené pomocou univerzálnych indikátorových pH papierikov.

4. Pripravené zásobné roztoky s rôznym pH ponaliavaj postupne do 4 sád malých fľaštičiek (približne do polovice objemu fľaštičky) a zorad' ich podľa vzrastajúcej nameranej hodnoty pH.
5. Do každej fľaštičky v prvej sade kvapni pomocou pipety niekoľko kvapiek (tak, aby sa vzorka jasne sfarbila) výluhu z **vianočnej ruže**.



Obr. 11. Farebná škála pH stupnice indikátora z vianočnej ruže.

6. Do každej fľaštičky v druhej sade kvapni pomocou pipety niekoľko kvapiek (tak, aby sa vzorka jasne sfarbila) výluhu z **cvikle**.



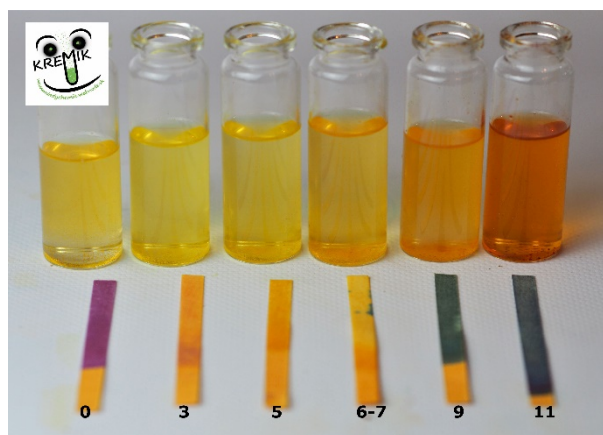
Obr. 12. Farebná škála pH stupnice indikátora z cvikle.

7. Do každej fľaštičky v tretej sade kvapni pomocou pipety niekoľko kvapiek (tak, aby sa vzorka jasne sfarbila) výluhu z **červenej kapusty**.



Obr. 13. Farebná škála pH stupnice indikátora z červenej kapusty.

8. Do každej fľaštičky v štvrtej sade kvapni pomocou pipety niekoľko kvapiek (tak, aby sa vzorka jasne sfarbila) výluhu z **kurkumy**.



Obr. 14. Farebná škála pH stupnice indikátora z kurkumy.

Vytvorené farebné stupnice každého skúmaného prírodného pH indikátora si odfotografuj, dopíš hodnoty pH (zistené pomocou pH univerzálneho indikátorového papierika) a takto uchovaj pre budúcnosť.

TIPY:

- Vyššie uvedené štyri rastlinné pH indikátory som zvolila kvôli jasne viditeľnej zmene farby v kyslom a zásaditom prostredí. Môžeš však preskúmať využitie aj iných rastlín ako pH indikátorov – hroznovú šťavu, cibuľu, šupky červených jablák, broskyne, hrušky, slivky, reďkovky alebo zemiak.
- Roztoky s rôznym pH môžeš pripraviť zo sódy bikarbóny (zásadité) a kuchynského octu (kyslé) ich postupným riedením. Ako na to, nájdeš v postupe [3].
- Pokiaľ si chceš vytvoriť presnejšiu farebnú stupnicu pH prírodného indikátora so všetkými hodnotami pH, musíš sa pohrať s riedením roztokov a ich pH merať najlepšie digitálnym pH metrom.
- Uložené farebné pH stupnice s uvedenými pH hodnotami môžeš v budúcnosti použiť napríklad pri zisťovaní pH rôznych látok a prípravkov v domácnosti.

Pop Art s prírodným pH indikátorom

Keď počuješ slovo pop art, pravdepodobne sa ti vybaví obrazy od Andyho Warhola. Hoci toto umelecké hnutie začalo v polovici 50. rokov 20. storočia v Anglicku, o niekoľko rokov neskôr sa uchytilo aj za Atlantikom v Spojených štátoch. A práve Andy Warhol, syn slovenských prisťahovalcov predstavuje jednu, ak nie najvýznamnejšiu osobnosť pop artu.

Slovo „pop-art“ je odvodené z anglického slovného spojenia popular art – populárne umenie, umenie lacné, konzumné, sériovo produkované. Pop Artisti prijali skutočnosť, že ich obrazy môžu byť masovo vyrábané, ľahko dostupné, spotrebné a prechodné. Kópia má väčší spoločenský význam ako originál, pretože ju kupujúci môže kedykoľvek vlastniť a užívať si ju (spisovateľ Walter Benjamin). Jedinečnosť bola opustená a nahradená hromadnou výrobou. Bola to reakcia umeleckého sveta na vzostup možností zábavy, trávenia času (televízia, hry, ...). Umenie v tej dobe čelilo veru tvrdej konkurencii.

Najobľúbenejšou technikou sa stala sieťotlač, ktorá umožnila jednoduché a variabilné rozmnožovanie a mnohonásobné opakovanie jedného motívu. Andy Warhol vytvoril touto technikou sériu rôznorodých variantov toho istého obrazu replikovaného v rôznych farbách.

Tento prechodný, spotrebný a očarujúci štýl dodnes inšpiruje mnohých umelcov. A môže inšpirovať i teba, chemika. Len použiješ netradičný materiál k výtvarnému tvoreniu. Pomocou rôznych pH indikátorov, ktoré si vieš sám pripraviť a roztokov s rôznym pH vytvoríš sériu obrázkov s jedným motívom ale so zmenenou farbou.

pH indikátory, ktoré použiješ, si pripravíš z rastlín vianočná ruža, červená kapusta, cvikla a kurkuma. Ako na to sa dozvieš v predošlom experimente *Farebný rozsah niektorých prírodných pH indikátorov*. Experimentovať môžeš aj s inými prírodnými či syntetickými pH indikátormi podľa toho, čo máš k dispozícii.

Pomôcky:

kadička/pohárik 4 ks, sklená tyčinka/palička na miešanie, čajová lyžička, štetce tenšie 4 ks, štetec plochý väčší, papier

Chemikálie:

Výluh z červených listeňov vianočnej ruže/surovej cvikle/surovej červenej kapusty/kurkumy, pracia sóda (uhličitan sodný), sóda bikarbóna (hydrogenuhličitan sodný), ocot (kyselina octová 8%), citrónová šťava/citrón, univerzálne indikátorové pH papieriky

Postup:

1. Priprav rastlinný výluh - rastlinný pH indikátor:
 - Červenej kapusty
 - Vianočnej ruže
 - Cvikle
 - Kurkumy
2. Vychladnutým rastlinným výluhom ponatieraj hárok papiera (každým výluhom nový papier). Priprav si aj menšie hárkky papiera, ktoré použiješ ako vzorky. Papiere nechaj poriadne vysušiť.



Obr. 15. Papier natretý výluhom z červenej kapusty.



Obr. 16. Papier natretý výluhom z vianočnej ruže.



Obr. 17. Papier natretý výluhom z cvikle.



Obr. 18. Papier natretý výluhom z kurkumy.

3. Do 4 kadičiek priprav po 100 ml štyroch roztokov s rôznym pH

- nasýtený roztok pracej sódy
- nasýtený roztok sódy bikarbóny
- kuchynský ocot
- koncentrovaná citrónová šťava

pH pripravených roztokov skontroluj pomocou univerzálneho indikátorového pH papierika.

4. Na vopred pripravené menšie hárky – vzorky papiera, na ktorých sú nanesené pH indikátory vyskúšaj štetcom ponoreným v roztokoch s rôznym pH spraviť pár ťahov. Takto zistíš farebnú zmenu pH indikátora v závislosti od pH roztoku, ktorý nanášaš.



Obr. 19. Vzorky papiera.

5. Keď si už zistil, ako farby a farebné kombinácie vieš na každom hárku papiera, na ktorom je nanesený pH indikátor docieľtiť, môžeš sa pustiť do maľovania obrázka v štýle pop art.

Experiment vo forme videa si môžeš pozrieť na stránke [4].



Obr. 20. Pop Art s prírodnými pH indikátormi.

Tipy:

- Vyššie uvedené štyri rastlinné pH indikátory som zvolila kvôli jasne viditeľnej zmene farby v kyslom a zásaditom prostredí. Môžeš však preskúmať aj iné rastlinky ako pH indikátory – hroznová šťava, cibuľa, šupky červených jabĺk, broskyne, hrušky, slivky, reďkovky alebo zemiaky.
- Ako kyslé a zásadité roztoky s rôznym pH môžeš použiť aj iné chemické látky – napr. rôzne domáce prostriedky na umývanie/čistenie alebo kvapalné potraviny, nápoje (vhodné je, aby boli bezfarebné).
- Na výtvarnú tvorbu môžeš použiť akýkoľvek papier, ale odporúčam kresliaci kartón vyššej gramáže alebo akvarelový papier – nepremočia sa tak ľahko počas nanášania kvapalného výluhu

- Výluh z rastliny (pH indikátor) odporúčam naniesť v niekoľkých vrstvách (kvôli jasnejším výsledným farebným zmenám)
- Je dobré, aby si pre každý roztok s rozdielnym pH použil iný, nový štetec

Zmizík alebo pozitív a negatív

Počas skúmania farebných zmien prírodných pH indikátorov pri zmene pH prostredia (experiment *Farebný rozsah niektorých prírodných pH indikátorov*) si si mohol všimnúť jeden zaujímavý fakt. Výluh z kurkumy, ktorá obsahuje prírodné pH citlivé žltó-oranžové farbivo kurkumín, zmenil farbu na oranžovú až oranžovočervenú v zásaditom prostredí. V neutrálnom a kyslom prostredí ostal v odtieňoch žltej (Obr. 14.).

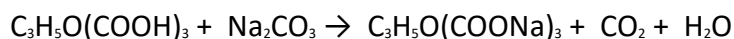
V ďalšom experimente si papier natrel výluhom z prírodných pH indikátorov (experiment *Pop art*). Použitý papier bol pH neutrálny, čo dokazovala aj farba prírodných pH indikátorov. Bolo to tak aj v prípade kurkumy, papier ňou natretý ostal žltý (Obr. 18.).

Skúška maľovania roztokmi s rôznym pH na vzorku papiera natretého výluhom z kurkumy ukázala a dokázala, že pH farebná škála kurkumy je len dvojfarebná – žltá a oranžová, s jemnými odtieňmi týchto dvoch farieb (Obr. 19.).

Čo sa stane, ak na papier natretý výluhom z kurkumy naniesieš nasýtený roztok pracej sody a následne cez vrstvu pracej sody prejdeš štetcom namočeným v citrónovej šťave?

Pracia sóda spôsobí zmenu farby indikátora pripraveného z kurkumy na oranžovú, ale po potretí citrónovou šťavou sa oranžová farba zmení opäť na žltú [5].

Pracia sóda reaguje s kyselinou citrónovou, vzniká soľ kyseliny citrónovej, voda a plyn, ktorý spôsobuje bublinkovanie. Prebiehajúcu chemickú reakciu zapíšeš takto:



kyselina citrónová

soľ kyseliny citrónovej

Pokiaľ je pridanej kyseliny citrónovej nadbytok, prostredie sa zmení na kyslé a to indikuje aj pH indikátor zmenou farby.

Táto zmena farby na papieri pripomína zmizík – žltý papier (pôvodná farba podkladu) „nafarbíš“ na oranžovo a potom akoby zmizíkom maľuješ do oranžovej plochy žltý obrázok.

Ak k tomu pridáš „maľovanie oranžovou farbou“, môžeš veľmi jednoducho za pomoci chémie spracovať napríklad výtvarnú tému narábania s pozitívom a negatívom tvaru – figúra a pozadie v plošnom zobrazení [6].



Obr. 21. Pozitív a negatív – pH a kurkuma.

Pomôcky:

kadička/pohárik 2 ks, sklená tyčinka/palička na miešanie, čajová lyžička, štetce tenšie 2 ks, štetec plochý väčší, papier

Chemikálie:

výluh z kurkumy, pracia sóda (uhličitan sodný), citrónová šťava/citrón

Postup:

1. Priprav rastlinný výluh z kurkumy, ponatieraj ním hárok papiera a papier nechaj poriadne vysušiť.
2. Do 2 kadičiek priprav po 50 ml
 - nasýtený roztok pracej sódy
 - koncentrovanú citrónovú šťavu
3. Polovicu papiera, na ktorom je nanesený pH indikátor natri nasýteným roztok pracej sódy a nechaj vysušiť.
4. Na druhú polovicu papiera namaľuj pripravený obrázok (polku obrázka) tiež pomocou pracej sódy.
5. Obrázok (druhú polku obrázka) domaľuj citrónovou šťavou do časti natretej roztokom pracej sódy.

Tipy:

- K navráteniu žltej farby indikátora je potrebný nadbytok kyseliny, preto ťahy štetcom namočeným v citrónovej šťave opakuj na tom istom mieste aj viackrát.
- Vhodný papier k tejto práci je tvrdší kresliaci kartón alebo akvarelový papier vyššej gramáže.
- Papier môžeš výluhom z kurkumy natrieť aj vo viacerých vrstvách.

- K rýchlejšiemu vysušeniu papiera použi fén.
- Nenanášaj roztok pracej sódy ani citrónovú šťavu, pokiaľ nie je papier celkom suchý.

Elektrolýza NaCl a pH indikátor

Redoxné reakcie, ktoré prebiehajú na elektródach pri prechode jednosmerného elektrického prúdu roztokom alebo taveninou, nazývame elektrolýza.

Elektrolýzu roztoku soli NaCl pri prechode jednosmer. el. prúdu znázorňujú nasledovné chemické reakcie:



Sodíkové ióny Na^+ ostávajú voľné v roztoku rovnako ako ióny $(\text{OH})^-$. Spolu vytvoria vodný roztok hydroxidu sodného.

Výsledkom elektrolýzy roztoku chloridu sodného je plyný vodík vylúčený na katóde (bublínky unikajúceho plynu na grafitovej ceruzke), plyný chlór vylúčený na anóde a vodný roztok hydroxidu sodného.

Ak použitý roztok soli obsahuje indikátor, vznikajúci zásaditý roztok vyvolá farebnú zmenu, čo pozorujeme ako farebné písmo písané obyčajnou grafitovou ceruzkou [7].

Pomôcky:

hrniec, pohár, štetec, filtračný papier (pijak zo zošita alebo kávový filter), tanierik, izolovaný drôtik (20 cm), obyčajná ceruzka s grafitovou tuhou, 9V batéria

Chemikálie:

červená kapusta, fenolftaleín (0,1 % roztok), kuchynská soľ, voda

Postup:

1. Priprav roztok/výluh červenej kapusty
2. Priprav nasýtený roztok soli:
V 100 ml precedeného vychladnutého roztoku červenej kapusty rozpúšťaj soľ až kým nevznikne nasýtený roztok.
3. Na 9V batériu pripevni opatrne drôtky – jeden na kladný pól a druhý na záporný pól. (Dávaj pozor, aby sa drôtky vzájomne nespojili a nespôsobil(a) si skrat.)
4. Drôtik zo záporného pólu pripoj na jeden koniec grafitovej ceruzky tak, aby sa dotýkal tuhy.
5. Filtračný papier polož na tanierik a poriadne navlhči pomocou štetca pripraveným roztokom červenej kapusty a soli.
6. Drôtik z kladného pólu batérie polož na vlhký papier.

7. Vezmi ceruzku a začni s ňou opatrne písať na vlhký filtračný papier. (Ceruzka musí byť stále spojená so záporným pólom batérie. (Neustále dávaj pozor, aby sa drôtky neodpojili alebo neprekrížili a nespôsobil(a) si tak skrat).



Obr. 22. „Písanie“ pomocou elektrolýzy a pH indikátora fenolftaleín.



Obr. 23. „Písanie“ pomocou elektrolýzy a pH indikátora fenolftaleín.

Tipy:

- Indikátor môžeš použiť ktorýkoľvek, ktorý farebne indikuje zásadité prostredie.
- S fenolftaleínom ako indikátorom dosiaheš najzreteľnejšie výsledky – jasný obrázok/písmo.
- Papier musí byť dostatočne vlhký, ale nemal by plávať v elektrolyte, aby sa obrázok nerozpil/nerozmazal.

Upozornenie:

- Žiaci ZŠ a SŠ môžu pracovať len s 0,1 % roztokom fenolftaleínu.

Záver

A takto by sme mohli pokračovať v experimentovaní týždne i mesiace, pretože farebných chemických experimentov je veľmi veľa. Ako inšpiráciu pripájam ďalšie z môjho farebného laboratória pre tých, ktorých baví prepájať vedu s umením i na tej najjednoduchšej úrovni, a tak motivovať žiakov k vytváraniu si pozitívneho vzťahu najmä k chémii. Experimenty nájdete spracované na mojej chemickej stránke [12].

- Bieliace účinky chlóru [8]
- Farebné snehové pusinky [9]
- Poleva na medovníky [10]
- Mramorované vajíčka [11]

Literatúra

- [1] Farebná banka – miešanie farieb. Dostupné online: https://youtu.be/13_N3YPci9g?si=PdRx_kH4rrQiA4rZ
- [2] Príprava pH indikátora z vianočnej ruže. Dostupné online: <https://youtu.be/qZz8dOTFRyQ?si=KqONNc5yUijMb1dM>
- [3] Prírodný pH indikátor. Dostupné online: <https://vynimocneskoly.sk/project/prirodny-ph-indikator/>
- [4] Pop art s prírodným pH indikátorom. Dostupné online: <https://youtu.be/hJsp6M0CkE0?si=D4ksuN1-UiAN9A32>
- [5] Kurkuma pod mikroskopom. Dostupné online: <https://youtu.be/9gKXI69aArM?si=Vu6KpbFOpBfvGEYe>
- [6] Zmizík alebo pozitív a negatív z pH indikátorom. Dostupné online: <https://youtu.be/OiZCsK8srPs?si=pRngox6y6sbq3Gor>
- [7] Elektrolýza NaCl a pH indikátor. Dostupné online: <https://youtu.be/ktyFEMFs20A?si=p1smUaf-fg2rmLQM>
- [8] Chlór. Dostupné online: <https://vynimocneskoly.sk/project/halogeny-chlor/>
- [9] Snehové pusinky. Dostupné online: <https://vynimocneskoly.sk/project/snehove-pusinky-a-ph/>
- [10] Poleva na medovníky. Dostupné online: <https://vynimocneskoly.sk/project/poleva-na-perniky-a-ph/>
- [11] Mramorované vajíčka. Dostupné online: <https://vynimocneskoly.sk/project/mramorovane-vajicka/>
- [12] Mladychemik. Dostupné online: <https://mladychemik.webnode.sk/>

Optika na desku

Zdeněk Hubáček

Gymnázium Kroměříž

Abstrakt

Dílna byla věnována výrobě optické soupravy na stůl, zejména lineárního laserového zdroje, a práci s ní. Byly poskytnuty návrhy jednoduchých laboratorních úloh, při kterých je vidět chod paprsku na ploše stolu. Pro úlohy jsme využili 3D tištěných prefabrikátů válcových zrcadel potažených zrcadlovou folií a válcových vodních čoček z průhledných kelímků. Optické prvky a čočky jsme vyráběli též z želatiny. Další soupravy si účastníci případně sami dotisknou dle tiskových podkladů.

Laserová linka

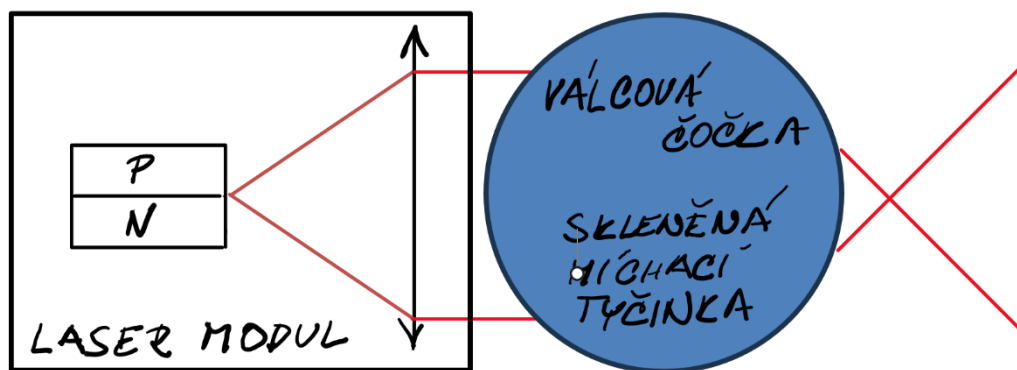
Paprskové žárovkové zdroje ze školních souprav postupně dosluhují, a navíc vyžadují náročnější napájení. Variant pro náhradu je mnoho. Aktuálně se dají sehnat liniové laserové moduly již hotové a stačí pouze doplnit bateriový či akumulátorový zdroj a spínač. Takto provedená soustava určitě pracuje skvěle, a pokud si jich vyrobíte dostatek pro skupinu, bude to určitě dobrá volba. Kompletace pouze vyžaduje jistou zručnost v pájení.

Předkládám zde variantu, kterou si budou žáci schopni zhotovit sami a případně i ponechat pro vlastní potěšení. Výrobu lze zařadit jak v primě/šestce tak v kvartě/devítce.

Cenová náročnost není vysoká, soupravy lze zhotovit do padesáti korun.

V obou ročnících lze optice předřadit výrobu jednoduchých elektrických obvodů a v kvartě navíc mohou žáci již mít zvládnuté polovodiče a laserová dioda bude vhodným praktickým doplněním.

Základem pro zviditelnění paprsku je jeho rozmítnutí – výroba lineárního zdroje. Chod paprsků (červená barva) schematicky naznačuje náčrt na obr. 1



Obr. 1. Náčrt chodu paprsků v liniovém laseru.

Světlo z téměř bodového zdroje laserové diody je nejprve kolimováno dvojvypuklou čočkou na rovnoběžný svazek, ten je válcovou čočkou rozmítnut do tvaru jakéhosi nízkého hranolu s trojúhelníkovou postavou. Výška hranolu, tedy šířka linky, je dána šířkou původního kolimovaného svazku.

Potřebné pomůcky:

3V Laser modul – např. [3]

10 cm Cu pásky šíře 6 mm s vodivým lepidlem např. [4]

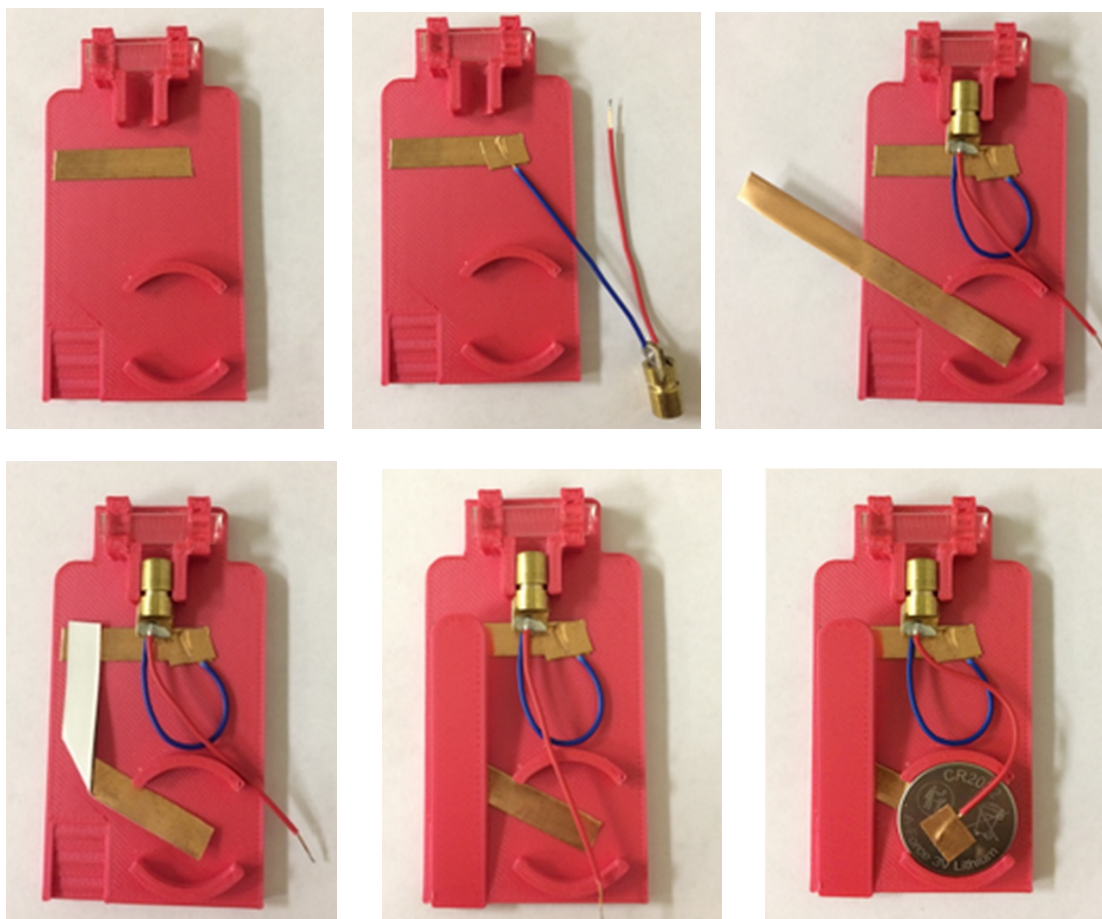
Li článek CR 2032

3 cm úlomek míchací skleněné tyčinky o průměru 5 mm

kapka sekundového lepidla

připravené 3D výtisky dle přílohy

Kompletace může postupovat dle následujících obrázků



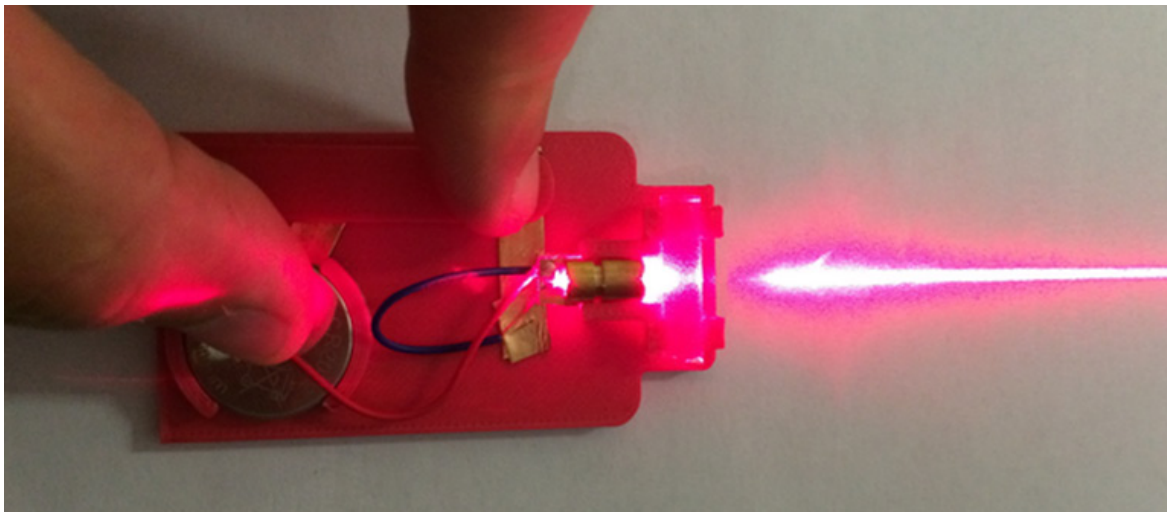
Obr.2 Kompletace laserové linky.

Před vsunutím skleněné tyčinky je vhodné držák opatrně počistit delším kusem skleněné tyčinky. Lépe se s ní manipuluje a předejde se případnému zranění. Při ulomení nožiček držáku lze skleněnou tyčinku fixovat kapkami sekundového lepidla.

Je dobré průběžně zkoušet funkčnost obvodu, aby se včas odstranily případné zkratky. Pro prevenci zkratů se nakonec ukázalo jako výhodnější otočit orientaci proudu v obvodu, Li článek pak leží pólem minus nahoru a červený a modrý drát jsou v zapojení prohozeny oproti fotografiím v obr. 2.

Plastovou špachtličku, která spolu s měděnou páskou plní funkci mžikového spínače, v zářezu zajistíte kapkou sekundového lepidla.

BEZPEČNOST: Při výrobě se třídou je nutné upozornit na opatrnou manipulaci s laserem. Zejména svícení do očí i nechtěné odrazy je nutné eliminovat. Kompletní výrobek zdaleka nebezpečný není, protože výkon laseru je rozprostřen do podstatně větší plochy.



Obr. 3. Přítlak palcem vylepšuje kontakt na Li článku, ukazováček mačká spínač.

Zrcadla

Vypouklé, duté a dvě rovinná zrcadla vzniknou polepením tištěných preforem pomocí zrcadlové tapety. Nezapomeňte na závěr sejmutí ochrannou folii ze zrcadlové strany.

Zrcadlové laborky jsou popsány na Šuplíku Václava Piskače, [1].

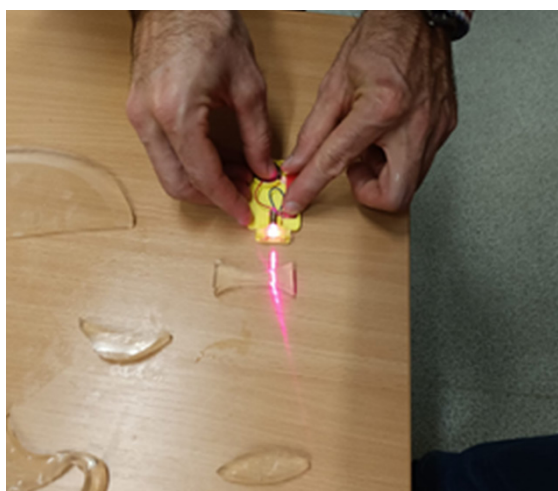
Želatinová optika

Na želatinové prostředí byla využita nejlevnější želatina HAAS z Kauflandu, připravená podle návodu pro aspik, tedy s poloviční dávkou vody, 250 ml na 9 g želatinové drti. Tuhnutí želatiny proběhlo na vymazaném plechu zalitém do výšky 5-10 mm v lednici den předem.

Z želatiny lze řezat půlválec pro úvodní demonstrace odrazu a lomu, hranoly, čočky i model optického vlákna.

Po proměření indexu lomu želatinového prostředí lze porovnat vypočtenou ohniskovou vzdálenost čoček s naměřenou hodnotou. Řez čočky pak musí probíhat dle šablony o daném poloměru. Zajímavostí je vzduchová čočka, která vznikne výřezem čočkového útvaru z plochy želatiny. Klasický tvar spojky má pak vlastnosti rozptylky a naopak.

Ilustrační fotky závěrem



Literatura

- [1] https://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/optika/zakovska_opticka_deska_-_zrcadla.pdf
- [2] <https://elixir-do-skol-rc-praha-ii-ssps.webnode.cz/l/setkani-11-1-zelatinova-optika/>
- [3] <https://www.hadex.cz/k290a-laser-s-optikou-5mw-3v-650nm---cerveny/>
- [4] <http://www.elchemco.cz/>

Vernier – jednoduché experimenty do výuky

Jakub Jermář

KDF MFF UK

Abstrakt

Cílem dílny bylo předvést co nejvíce různorodých krátkých experimentů se systémem Vernier snadno zařaditelných do výuky fyziky.

Jednoduché experimenty do výuky

Během dílny jsme procházeli jednotlivé obory fyziky a ukazovali si, jaké experimenty by se v dané oblasti daly do výuky zařadit. Jelikož je většina těchto experimentů důkladně popsána (včetně návodů) jinde, uvádím u každého experimentu odkaz na tento návod.

Mechanika

Ukázali jsme si tyto experimenty:

- stav beztlíže pomocí siloměru GDX-FOR (<https://vernier.cz/021>)
- kmitání závaží na pružině se sonarem GDX-MD (<https://vernier.cz/018>)
- měření hydrostatického tlaku s GDX-GP (<https://vernier.cz/295>)

Akustika

Se senzorem GDX-SND jsme předvedli:

- rozdíl mezi vysokým a hlubokým zvukem (<https://vernier.cz/204>)
- hladina hlasitosti – závislost na počtu zdrojů zvuku (<https://vernier.cz/300>)

Molekulová fyzika a termika

V této části jsme si s různými teploměry ukázali:

- komínový efekt (<https://vernier.cz/120>)
- teplotu plamene (<https://vernier.cz/040>)
- vývoj teploty při vaření vody – vliv fázového přechodu (<https://vernier.cz/043>)
- změnu teploty plynu při kompresi (<https://vernier.cz/128>)

A pomocí čidla tlaku plynu GDX-GP jsme demonstrovali Boyleův-Mariottův zákon:

- závislost tlaku plynu na objemu (<https://vernier.cz/015>)

Elektřina a magnetismus

Za použití voltmetru GDX-VOLT, ampérmetru GDX-CUR a teslametru GDX-3MG jsme předvedli:

- galvanický článek neboli „citrónovou baterii“ (<https://vernier.cz/010>)
- co způsobí lidské tělo v elektrickém obvodu (<https://vernier.cz/142>)

- magnetický záznam dat (<https://vernier.cz/030>)
- magnetické pole vyvolané elektrickým proudem (<https://vernier.cz/287>)
- elektromagnetickou indukci (<https://vernier.cz/028>)
- Ohmův zákon (<https://vernier.cz/027>)

Optika

V optice jsme pracovali s čidlem GDX-LC a ukázali jsme:

- jak vypadá rozsvícení žárovky (<https://vernier.cz/026>)
- jak žárovka poblikává, ale oko to nevidí (<https://vernier.cz/025>)
- jak funguje noční režim displejů (<https://vernier.cz/314>)

Fyzika mikrosvěta / radioaktivita

Nakonec jsme senzorem GDX-RAD demonstrovali možnosti stínění radioaktivního záření (<https://vernier.cz/048>).

Literatura

Všechny experimenty jsou k dispozici v Kuchařce jednoduchých experimentů:

[1] *Kuchařka jednoduchých experimentů*. [cit. 24. X. 2024]. Dostupné online:
<https://vernier.cz/kucharka>

Kelímky: Nečekaně užitečná pomůcka pro fyzikální experimenty

Zdeňka Kielbusová, Pavel Masopust

FPE, ZČU v Plzni

Abstrakt

Papírové kelímky, zdánlivě obyčejné nádoby na pití, v sobě ukrývají nečekaný potenciál. Za pomoci papírových kelímků můžeme realizovat mnoho fyzikálních experimentů. V rámci dílny byly představeny jednoduché a snadno realizovatelné experimenty, které zaujmou studenty všech věkových kategorií a pomohou jim rozvíjet jejich zájem o fyziku.

Kelímky, na první pohled nenápadné předměty denní potřeby, se mohou stát cennými nástroji při výuce fyziky. Díky jednoduchým pokusům s kelímky lze názorně demonstrovat řadu fyzikálních jevů, od atmosférického tlaku až po vlastnosti zvukových vln. Tento článek přináší výběr několika zajímavých experimentů, které lze snadno realizovat ve škole, ale i doma.

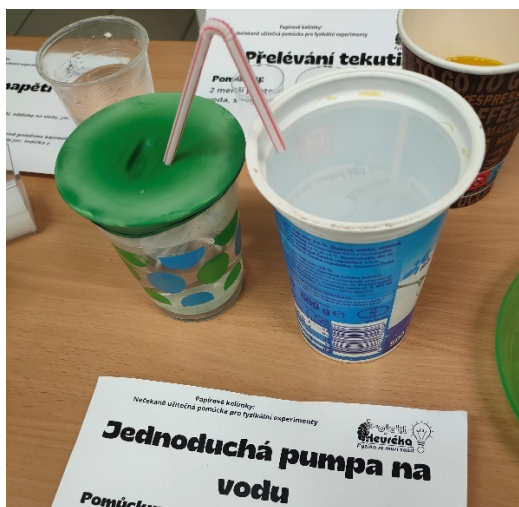
Jednoduchá kelímková pumpa

Pomůcky:

Větší plastový kelímek, pouťový balónek, nůžky, plastové brčko s kloubem

Provedení:

Nůžkami ustříháme ústí pouťovému balónku tak, abychom jej byli schopni natáhnout přes horní okraj většího plastového kelímku jako blánu. Poté, co jsme vyzkoušeli, že jde balónek na kelímek natáhnout, jej sundáme a do kelímku nalijeme obarvenou vodu téměř až po okraj. Balónek opět umístíme na kelímek a nůžkami do středu napnuté blány vystříháme opravdu malou díрку (musí být opravdu malá, aby mezi blánou a brčkem neunikal vzduch), kterou provlékneme brčko s kloubem. Pumpu máme sestavenou, teď již stačí jen prsty zatlačit na blánu balónku a sledovat, jak voda teče z brčka ven [1].



Obr. 1. Jednoduchá kelímková pumpa.

Vysvětlení:

Protože tlačíme na blánu balónku, roste tlak vzduchu uvnitř kelímku, což má za následek vytékání vody brčkem ven.

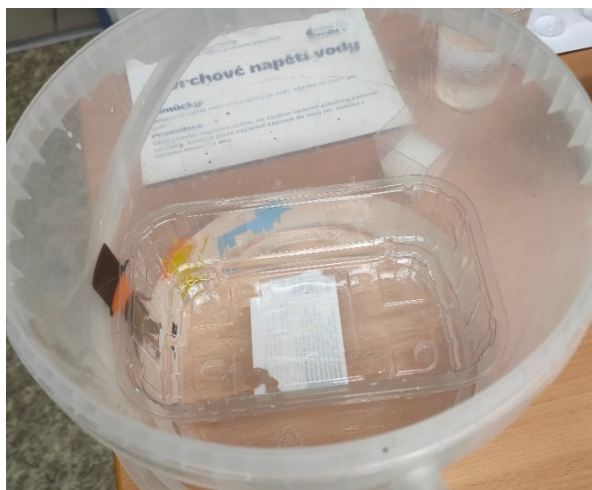
Plave či neplave

Pomůcky:

kelímek od rajčat nebo malin (dírký ve dně), akvárium (větší nádoba na vodu), jar (čistící prostředek), voda

Provedení:

Akvárium naplníme vodou. Na hladinu opatrně položíme kelímek od malin. Kelímek od malin, přestože má dírký na dně, plave. Do vody nakapeme pár kapek jaru. Můžeme sledovat, jak lodička z kelímku klesne ke dnu.



Obr. 2. Povrchové napětí.

Vysvětlení:

Přidáním jaru (povrchově aktivní látky) dojde ke snížení povrchového napětí vody a dírkami ve dně kelímku začne dovnitř proudit voda a kelímek se potopí.

Vodní hodiny

Pomůcky:

Dva plastové kelímky jeden s velkým objemem a druhý s menším objemem, ale obvod horních okrajů kelímků by měl být stejný, víčko od PET lahve s širším hrdlem, lékařská špachtle, nit, modelína, rolnička, jehla, zapalovač, voda

Provedení:

Pro výrobu hodin budeme potřebovat plastový kelímek a víčko od PET lahve. Jehlu zahřejeme nad plamenem a vytvoříme ve dně kelímku otvor, kterým bude odtékat voda. Stejným způsobem vytvoříme otvor ve víčku. Do tohoto otvoru provlékneme nit a zajistíme ji tak, aby se nepohybovala. Na konec nitě připevníme rolničku. Do víčka přidáme kousek modelíny, aby bylo těžší a stáhlo následně rolničku z lékařské špejle.

Tímto způsobem jsme připravili všechny potřebné součástky k sestavení jednoduchých vodních hodin [1].



Obrázek 3: Vodní hodiny.

Vysvětlení:

Dírkou v malém kalíšku postupně odtéká voda do většího kalíšku. S klesající hladinou uvnitř malého kalíšku klesá i víčko, ke kterému je připevněna rolnička. Jakmile klesne hladina dostatečně nízko, stáhne víčko rolničku dolů a ta cinkne.

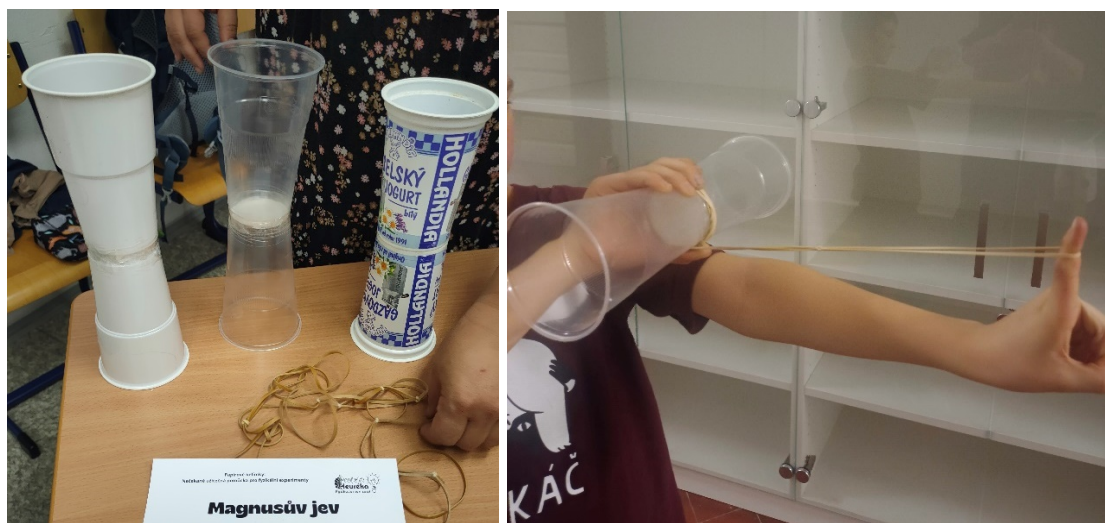
Magnusův jev

Pomůcky:

2 kelímky, oboustranná izolepa, gumičky, izolepa

Provedení:

Dna kelímků k sobě slepíme oboustrannou lepící páskou a z venku oblepíme ještě lepící páskou. Připravíme si dlouhou gumičku, kterou namotáme okolo slepeného místa a kelímky pustíme. POZOR, hlídáme si, jak gumičku namotáváme. Kelímek musíme mít u těla a konec gumičky v natažené ruce směrem od těla (viz obr. 4).



Obr. 4. Magnusův jev s kelímky.

Vysvětlení:

Na straně, kde se vzduch pohybuje stejným směrem, jako je rotace kelímků, se rychlost vzduchu vzhledem k soustavě kelímků zvětšuje. Podle Bernoulliho rovnice, čím větší je rychlost tekutiny, tím menší je tlak. Což znamená, že na této straně vzniká oblast s nižším tlakem. Naopak na druhé straně kelímků, kde se vzduch pohybuje opačným směrem, se rychlost vzduchu vzhledem ke kelímkům zmenšuje. Což má za následek vznik oblasti s vyšším tlakem. Rozdíl tlaků na obou stranách kelímků vytváří sílu, která působí kolmo na směr pohybu soustavy kelímků a způsobuje jeho odchylku od původní dráhy. Podrobnější vysvětlení můžeme nalézt v [1].

Káča

Pomůcky:

Větší kelímek, nůžky, párátko

Provedení:

Tělo kelímku si rozdělíme na 8 stejných výsečí, které následně nastříháme až ke dnu kelímku. Kelímek můžeme libovolně pokreslit (vhodné i na skládání barev). Výseče ohneme do roviny a následně středem dna kelímku propícháme párátko, které můžeme přilepit lepidlem.



Obr. 5. Káča.

Magdeburské kelímky

Pomůcky:

dva průhledné plastové kelímky o objemu 0,5 l, svíčka, sirky, talířek, navlhčený papírový ubrousek.

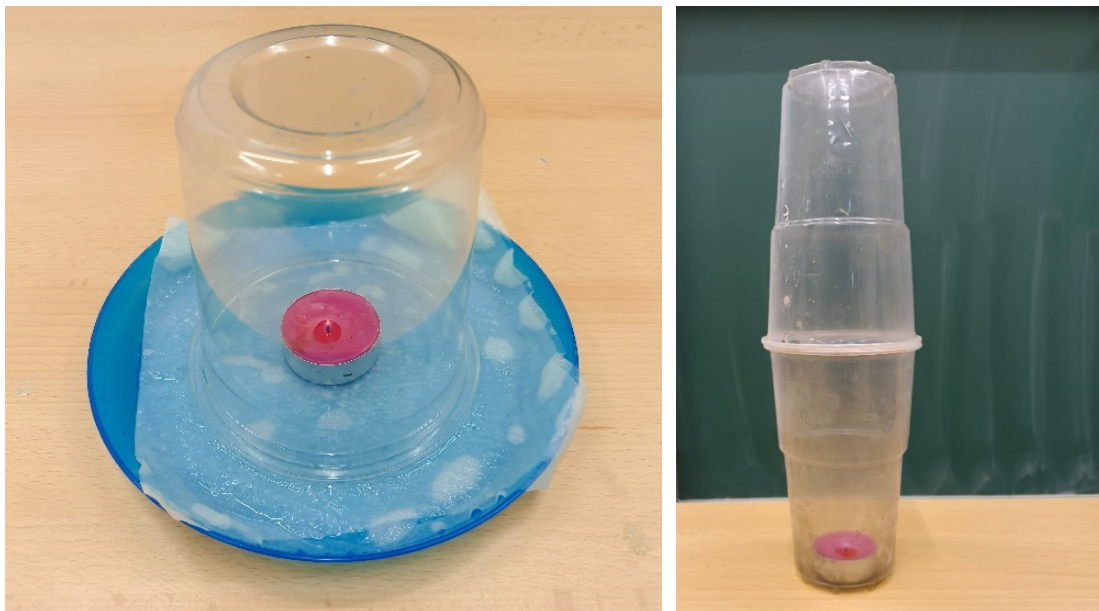
Provedení:

Varianta 1

Na plastový talířek umístíme navlhčený papírový ubrousek, do středu talířku s ubrouskem umístíme svíčku a zapálíme ji. Připravíme si kelímek a hořící svíčku jím poklopíme. Sledujeme, jak svíčka uvnitř zhasíná. Počkáme, až vzduch uvnitř kelímku zchladne a pomalu za dno plastového kelímku zvedneme i talířek.

Vysvětlení:

Zapálením svíčky jsme začali ohřívat okolní vzduch, který se začal rozpínat. Přiklopením kelímku jsme zabránili dalšímu přístupu vzduchu pod kelímek. Plamen svíčky uvnitř spotřeboval kyslík a svíčka zhasla. Plyny, které se teplem rozeplnuly, opět zchladly a tím se v prostoru mezi kelímkem a talířkem snížil tlak. Vnější atmosférický tlak je mnohem větší než tlak uvnitř kelímku, a proto přidržuje „magdeburské“ kelímky u sebe.



Obr. 6. Magdeburský kelímek var. 1 a var. 2.

Varianta 2

Na tuto variantu potřebuje kelímky, které mají rovné okraje. Oba kelímky na sebe položíme okraji a zkontrolujeme, zda na sebe dokonale přilehají. Pokud ano, pak na dno jednoho plastového kelímku umístíme hořící svíčku. Okraj plastového kelímku navlhčíme vodou a přiklopíme jej druhým kelímkem. Horní kelímek můžeme lehce zatížit. Sledujeme, jak svíčka uvnitř pomalu uhasíná, jakmile svíčka zhasne, počkáme ještě chvíli, než vzduch uvnitř sníží svoji teplotu. Nyní za dno horního kelímku opatrně zvedneme celou soustavu. Pokud jsme byli dostatečně šikovní, tak za horní kelímek zvedneme i ten spodní se zhaslou svíčkou.

Vysvětlení:

Zapálením svíčky ve spodním kelímku jsme ohřáli vzduch, který se začal rozpínat, přičemž část jej unikla ven z kelímku. Přiklopením druhého kelímku jsme zabránili dalšímu přístupu vzduchu, svíčka uvnitř kelímků spotřebovala kyslík a zhasla. Plyny, které se teplem rozeplnuly, opět zchladly a tím se v prostoru mezi kelímky snížil tlak. Vnější tlak je mnohem větší, proto přidržuje „magdeburské“ kelímky u sebe.

Promítačka obrázků

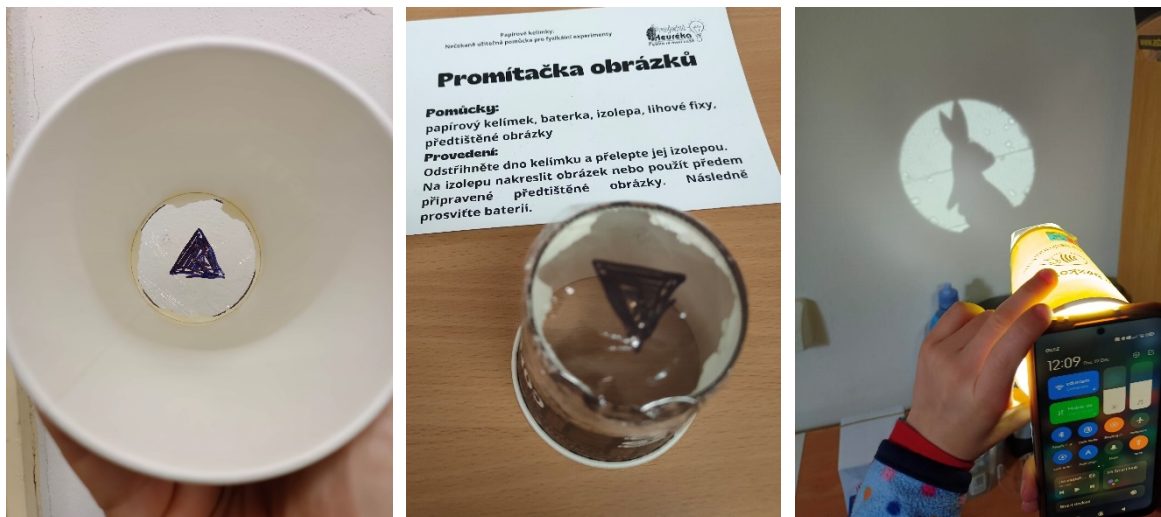
Pomůcky:

papírový kelímek, baterka, izolepa, lihové fixy, předtištěné obrázky

Provedení:

Odstříhnete dno kelímku a přelepte jej izolepou.

Na izolepu nakreslete obrázek nebo použijte předem připravené předtištěné obrázky. Následně prosviňte baterkou.



Obr. 7. Promítačka obrázků.

Kelímková souhvězdí

Pomůcky:

papírový kelímek, lepidlo, špendlíky, šablony, baterka

Provedení:

Vystříhnete předem připravenou šablonu souhvězdí a nalepte ji na dno papírového kelímku. Pomocí špendlíku následně propíchněte dírký do dna kelímku a prosviňte baterkou.



Obr. 8. Souhvězdí.

Šablony na souhvězdí jsem získala od Marka Česala a ke stažení jsou na stránkách Hvězdárny v Rokycanech a Plzni (www.hvr.cz).

Vysvětlení:

Díky prosvícení baterkou se na zdi promítnou souhvězdí, která jsme si vyrobili. Pozor, abyste souhvězdí prosvítali ze správné strany (viz obr. 8).

Kelímková dírková komora

Pomůcky:

Matná černá barva ve spreji, papírové kelímky, gumička, špendlík, stínítko (hedvábný papír, naolejovaný papír)

Provedení:

Kelímek uvnitř vystříkáme černou matnou barvou ve spreji, pokud někde kelímek prosvítá, proces zopakujeme, dbáme hlavně na dno kelímku. Poté, co barva zaschne, opatrně uděláme do středu dna špendlíkem díru. Na horní okraj kelímku umístíme stínítko a zajistíme jej gumičkou. Nyní je kelímková dírková komora hotová a můžeme ji namířit směrem ke zdroji světla.



Obr. 9. Kelímková dírková komora.

Vysvětlení:

Dírková komora, neboli camera obscura, je jedním z nejjednodušších optických přístrojů, který využívá princip přímočarého šíření světla. Základní princip spočívá v tom, že světlo procházející malou dírkou v neprůhledné přepážce vytváří na opačné straně obrácený a zmenšený obraz vnějšího světa.

Fanfrnoch (Brumbál)

Starodávný český lidový rytmický hudební nástroj původem z Chodska

Pomůcky:

Kelímek, 50 cm polypropylenového provazu, hřebík, zapalovač

Provedení:

Do středu dna kelímku uděláme nahřátým hřebíkem díru. Polypropylenový provaz protáhneme skrz vytvořenou díрку. Z vnitřní strany kelímku uděláme na provazu uzlík.



Obr. 10. Fanfrnoch z kelímků.

Vysvětlení:

Když vlhkými prsty taháme za provázek, vzniká tření, které rozvibruje tělo kelímku a tím se vytvářejí zvukové vlny, které se šíří vzduchem. Výška tónu závisí na velikosti a materiálu těla. Intenzita zvuku je ovlivněna silou, kterou hráč tahá za provázek.

Další nápad na využití kelímků:

Výroba kelímkových kondenzátorů (dle Věry Koudelkové). Postup včetně metodiky naleznete v publikaci [3].

Literatura

- [1] KONEČNÝ, Pavel. Magnusův jev. Online. In: Souhrnný sborník Veletrhu nápadů učitelů fyziky. Praha, 2020, s. 175-184. Dostupné z: https://vnuf.cz/sbornik/prispevky/pdf/25-12-Konecny_P.pdf. [cit. 2024-12-18].
- [2] KIELBUSOVÁ, Zdeňka. Experimenty u vody i ve vodě. Online. In: Souhrnný sborník Veletrhu nápadů učitelů fyziky. 2020, 20.9.2023. Dostupné z: <https://vnuf.cz/sbornik/prispevky/25-11-Kielbusova.html>. [cit. 2024-11-26].
- [3] DVOŘÁK, Leoš. Náboje, proudy a elektrické obvody: vzdělávací modul fyzika: výukový a metodický text: Přírodní vědy a matematika na středních školách v Praze: aktivně, aktuálně a s aplikacemi – projekt OPPA. Praha: P3K, 2012. ISBN 978-80-87186-78-7. Dostupné online: <http://kdf.mff.cuni.cz/projekty/oppa/naboje.pdf>

Lidské oko a jeho vady

Tomáš Kopřiva

Katedra didaktiky fyziky MFF UK, Gymnázium Litoměřická

Abstrakt

Příspěvek představuje sadu pěti experimentálních stanovišť zaměřených na lidské vidění. Experimentální stanoviště se mohou pro žáky připravit jako laboratorní práce (každé stanoviště na přibližně 30 minut), nebo předvést jako demonstrační pokusy (každé stanoviště na jednu vyučovací hodinu). V příspěvku se kromě představení jednotlivých stanovišť a používaných materiálů nachází metodika, jak s experimenty pracovat a jak používat poskytnuté materiály. Stanoviště byla vyvinuta pro Interaktivní fyzikální laboratoř na KDF MFF UK, do které učitelé mohou své žáky přihlásit na stránkách projektu.

Úvod

Lidské oko je pozoruhodný orgán, který každý z nás denně používá a získává z něj obrovské množství informací. Co si však ne každý uvědomuje, je, jak složitý tento orgán je. Obsahuje totiž velké množství komponentů, které spolupracují za cílem pořídit vlastnímu zrakový vjem. Pro to, abychom funkci těchto jednotlivých komponent pochopili a experimentálně vyzkoušeli, vzniklo pět experimentálních stanovišť (ES). ES využívají poznatků fyzikálních, biologických, ale i trochu chemických. Nejvhodnější je použít tyto materiály v hodinách prvních dvou zmíněných předmětů (nebo chemie je zde opravdu jen „stopové množství“).

Experimentální stanoviště (ES) můžeme provádět jako laboratorní práce nebo jako demonstrační experimenty. V následujících pěti kapitolách naleznete metodické materiály psány formou dialogu s experimentálními vložkami a didaktickými komentáři autora, pokud se rozhodnete ES předvádět jako demonstrační experimenty, a instrukce k přípravě ES jako laboratorních prací, pokud se rozhodnete pro tuto variantu. Jednotlivá ES na sebe nenavazují, můžete je tedy dělat v libovolném pořadí, nebo si jen vybrat některá z nich. Všechny materiály byly tvořeny fyzikářem, tudíž jsou psány v duchu hodin fyziky, avšak užívané mohou být kýmkoliv.

V RVP pro ZV odpovídá využití těchto materiálů výstupu P-9-5-01: „Žák určí polohu a objasní stavbu a funkci orgánů a orgánových soustav lidského těla, vysvětlí jejich vztahy“. V RVP pro G odpovídá využití těchto materiálů výstupu „Žák využívá zákony šíření světla v prostředí k určování vlastností zobrazení předmětů jednoduchými optickými systémy“, „Žák využívá znalosti o orgánových soustavách pro pochopení vztahů mezi procesy probíhajícími v lidském těle.“

Pokud by tento text nebyl dostatečný a toužili jste se o lidském oku a lidském zraku dozvědět více, můžete si tyto informace podrobněji přečíst například v autorově diplomové práci dostupné z Digitálního repozitáře UK [1].

Pokud máte zájem o přihlášení svých žáků do Interaktivní fyzikální laboratoře, můžete informace k ní nalézt na stránkách projektu [2].

Stanoviště Složení oka

ES Složení oka poskytuje vhled do toho, z jakých částí se lidské oko skládá a jak tyto jednotlivé části napomáhají v lidském vidění, případně jak si s jejich přítomností lidský mozek vypořádá.

Cíle hodiny:

- Žák popíše, z jakých částí se skládá lidské oko.
- Žák vysvětlí funkci jednotlivých částí lidského oka.
- Žák navrhne experiment, kterým dokáže existenci slepé skvrny.
- Žák navrhne experiment, kterým dokáže, že se v lidském oku nachází spojná čočka.

Příprava demonstračního experimentu

Experimenty, které se při tomto ES konají, jsou extrémně subjektivní, je tedy potřeba připravit pomůcky každému žákovi, aby nebylo nutné čekat, než si je mezi sebou vymění, a pravděpodobně se u mnoha žáků stane, že jim experimenty nebudou fungovat, je tedy nutné se pečlivě připravit na to, že budou žáci potřebovat pomoc a čas.

Žáci by měli znát, jak spojná čočka zobrazuje předmět a jaké jsou vlastnosti obrazu.

Při práci budou žáci potřebovat následující pomůcky:

- zrcátko (nebo spolupracovníka pro vzájemné pozorování zornice),
- svítilnu (např. na mobilu),
- černý papírek s otvorem (papírek velikost přibližně 5x5 cm s otvorem po špendlíku, maximálně kružítka, by měl stačit),
- schéma oka (může být promítané, např. soubor *Oko.jpg*),
- text (může být promítaný, např. soubor *TextProCteni.pdf*, ale postačí i libovolný jiný text psaný dostatečně velkým písmem),
- bílý papír s dvěma černými symboly (např. soubor *SlepaSkvrna.pdf*, ale mohou si vytvořit vlastní, promítaný stačit nebude, protože každý žák sedí jinak daleko a dívá se pod jiným úhlem).

Ve zbytku podkapitoly si ukážeme průběh hodiny, ve kterém učitel (U) skrze návodné otázky a doprovodné experimenty představí žákům (Ž) složení celého oka a funkcí jednotlivých částí.

U: „Milí žáci, dnes se budeme učit o lidském oku. Něco z toho, co si budeme říkat, jste se už možná učili v hodinách biologie, ale to nevadí, protože si lidské oko a vidění rozebereme ještě jednou z pohledu fyziky.“

U: „Z jakých všech částí se skládá lidské oko?“

Nechte žáky vyjmenovat co nejvíce součástí lidského oka, vše můžete zapisovat na tabuli. U každé součásti oka nechte žáky rozmyslet, jaká je jeho funkce. Jakmile žákům dojdou nápady, můžete oko nakreslit na tabuli, nebo promítnout obrázek *OkoNepopsane.jpg*.

Podstatnými součástmi lidského oka pro nás bude rohovka, duhovka, zornice, spojná čočka, ciliární svalstvo, sklivec, sítnice, cévnatka, bělima, slepá skvrna, žlutá skvrna a oční nerv. Stručný popis funkcí těchto částí se nachází na obrázku *Oko.jpg* (žákům ho můžete

promítnout), jejich podrobnější popis se nachází na stranách 12-20 autorovy diplomové práce.

U: „Funkci duhovky si můžeme ukázat i na sobě nebo svém sousedovi. Co by měla udělat duhovka, pokud do oka přichází příliš světla?“

Je zde jedno, jestli budete mluvit o zornici, nebo o duhovce. Duhovka je reálný hmatatelný objekt v oku, ale často se o ní nemluví. Zornice je jen díra v duhovce, ale mluví se o ní běžněji. Podstatné však je, aby žáci tyto názvy nezaměňovali.

Ž: „Duhovka se musí roztáhnout, aby se zúžila zornice a do oka procházelo méně světla.“

U: „Výborně. Zkusíme si to. Střídavě posvitte sousedovi do jednoho oka svítilnou na mobilu a pozorujte, co dělá duhovka. Až budete mít hotovo, vyměňte se.“

U: „Zužování a roztahování duhovky je reflex, který dělají obě oči společně, a ne každé zvlášť. Vezměte si papírek s malým otvorem (pokud není připravený, nechť si ho vyrobí) a přiložte si ho k jednomu oku. Dívejte se skrze papírek na světlo (stropní, nebo ven z okna, pokud je venku jasno) a druhé oko si rukou střídavě zakrývejte a odkrývejte, takto.“

Předved'te, jak mají experiment provést.

U: „Pozorujte při tom, co dělá otvor v papírku.“

Ž: „Zužuje se a roztahuje!“

Ž: „To není možný, vždyť se ta díрка nemůže měnit. To se nám jenom zdá.“

Zkuste přivést žáky k tomu, jak se otvor může jevit být menší a větší. Připomeňte žákům, kterou částí lidského oka se zabýváte (duhovkou) a že její stahování a rozšiřování se odehrává v obou očích současně. Žákům často pomůže obrázek 1 a návodná otázka „Jaké nejzazší paprsky se ještě dostanou do oka, když je duhovka zúžená a když je duhovka rozšířená?“.



Obr. 1. Pohled skrze otvor v papíru se zúženou a rozšířenou duhovkou.

U: „Poté, co světlo projde skrze zornici, dostává se do spojné čočky. Co dělají spojné čočky s přicházejícími paprsky světla?“

Ž: „Sbíhají paprsky k sobě.“

U: „A stejnou roli zde má i lidská čočka. Abychom viděli ostře, musíme zaostřovat na předměty právě pomocí čočky. Čočka samotná však nestačí, protože se můžeme dívat na předměty blízko i daleko. Kolem čočky se tedy nachází ciliární svaly, které ji stlačují. Čočka

je pružná, takže se může zmáčknout a potom, co ji svaly přestanou stlačovat, se zase natáhne do původního tvaru.“

U: „Jak se změní průchod paprsků spojnou čočkou, pokud ji ciliární svaly stlačí?“

Ž: „Když ji stlačí, tak bude víc vyboulená, takže bude paprsky více lámat. Když ji pustí, tak se narovná a zúží, a naopak se budou paprsky lámat méně.“

U: „Výborně. Kdy musí být čočka stlačena? Když se díváme na něco blízko očím, nebo do dálky?“

Ž: „Když se díváme nablízko, protože paprsky přichází do oka rozbíhavě a oko je musí o to víc zlomit.“

U: „Správně. Ukážeme si, jak bychom viděli, kdyby čočka pružná nebyla a kdybychom neměli ciliární svaly.“

Promítněte žákům text (např. *TextProCtení.pdf*), nebo je nechte, ať si vezmou svůj vlastní.

U: „Vztyčte před sebe na natažené ruce palec, zaostřete na něj a zkuste BEZ PŘEOSTŘENÍ přečíst text.“

Ž: „To je těžké, je rozmazaný.“

U: „Přesně tak. Už můžete přestat. Bez přeostržení by bylo všechno rozmazané. Čočka svoji pružnost časem ztrácí, až se nakonec vytratí. Starší lidé proto musí nosit brýle na čtení, protože čočku již stlačit nedokážou. Zkusíme si, jak rychle dokážete čočku stlačit a pak povolit vy.“

U: „Vztyčte před sebe směrem z okna ven zase na natažené ruce palec a přeostržujte mezi palcem a stromem za oknem. Které přeostržení jde rychleji?“

Žáci mohou dát libovolné výsledky – rychlejší je přeostržení na blízko, na dálku, i obě stejně rychle. Většinou se jedná o zvyky žáky (kam se dívá častěji), vady očí (krátkozrakost a dalekozrakost) a vnímání žáka (preostržení je velmi rychlé a tím pádem se špatně měří doba přeostržení).

U: „Jakmile projde světlo čočkou, vstupuje do sklivce a následně dopadá na sítnici. Na ní se nachází dvě speciální místa. Jedním je žlutá skvrna, což je místo, kam dopadá světlo z místa, na které se přímo díváme. Je to nejcitlivější část sítnice, která vidí nejostřeji a nejlépe rozlišuje barvy. Druhým zvláštním místem je slepá skvrna. Je to místo, kudy se oční nervy dostávají do oka a v tomto místě sítnice nic nevidí, ale mozek si tuto ‚díru‘ v zorném poli vyplňuje, takže ji nevnímáme.“

U: „Položte před sebe papír s tečkou a křížkem tak, aby ležely rovnoběžně s očima. Jedno oko zavřete, druhým se dívejte na křížek a hlavou se přibližujte a oddalujte od papíru, dokud tečka nezmizí. Pokud nezmizí vůbec, je potřeba papír otočit.“

Zde se můžete setkat s tím, že ani otočení nestačí, protože jsou k papíru moc blízko, nebo naopak jsou od něj moc daleko. Světlo z tečky dopadá na slepou skvrnu pravého oka, pokud se tečka nachází napravo od křížku (pro druhé oko obráceně) a hlava je přibližně 50 cm od papíru.

U: „Další věc, kterou nevidíme, je spousta nervů a vlasečnic, které se nacházejí nad sítnicí. Běžně je nevidíme, ale existuje trik, kterým se dají zviditelnit.“

U: „Přiložte opět papír s otvorem těsně před jedno oko, druhé oko zavřete a dívejte se na jasnou bílou stěnu nebo strop. Papírem jemně třeste, takhle.“

Ukažte žákům, jak experiment provést.

U: „Popište, jak vypadá to, co vidíte.“

Žáci by měli vidět síť vlásečnic a nervů, která jim může připomínat říční síť, kořeny, větve, provázky, hádátka, či něco podobného. Pozoruhodné by pro žáky mělo být to, že tam něco takového vůbec je a že tato „síť“ nesahá doprostřed zorného pole, ale pouze poblíž. Uprostřed se vlásečnice totiž nenachází, aby nezastiňovaly žlutou skvrnu.

U: „Poslední experiment, který si ukážeme, se týká geniality našeho mozku. Jaký je obraz, který vzniká při zobrazení spojnou čočkou, předmětu, který se nachází za středem křivosti?“

Ž: „Skutečný, zmenšený a převrácený.“

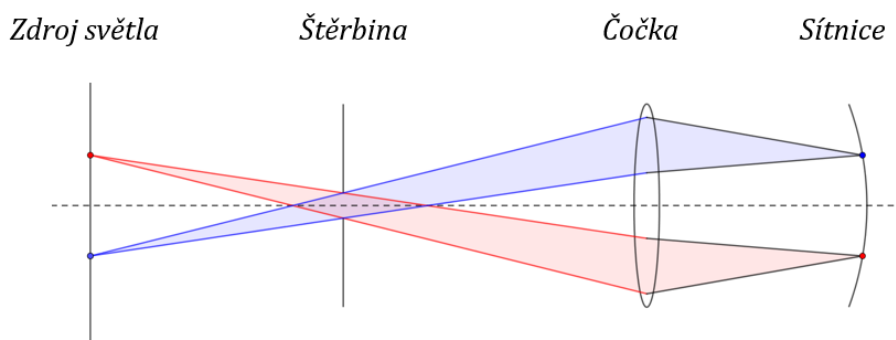
U: „Pokud je obraz převrácený, tak jak je možné, že nevidíme všechno kolem sebe vzhůru nohama?“

Ž: „Mozek to převrací zpátky!“

U: „Výborně. Ukážeme si tedy, jak si toto potvrdit. Vezměte si papírek s otvorem, přiložte si ho těsně k jednomu oku a to druhé zavřete. Mezi oko a papírek s otvorem pomalu vsuňte zespoda další papírek a sledujte, která část otvoru se zakryje jako první.“

Ž: „Ta horní!“

Zkuste přivést žáky k tomu, proč se horní část zakryje jako první. Nejvíce pomůže, když obrázek 2 nakreslíte na tabuli a potom ukážete, kam se vsouvá papírek.



Obr. 2. Schéma situace, kde světlo prochází skrze štěrbinu a čočku.

Provedte společný závěr toho, co všechno se žáci dozvěděli, co pro ně bylo nové, co zajímavé, co ukážou za experimenty doma rodičům nebo prarodičům, a co už znali dříve.

Nejčastější problémy, které žáci při provádění experimentů řešili, si představíme zde:

- Žáci zaměňují význam slov „duhovka“ a „zornice“.
- Místnost je příliš nasvícená a svítlna neukáže rozšiřování a zužování duhovky.
- Žáci nepozorují „zužování a rozšiřování“ otvoru. V takovém případě je potřeba více zkoušet a upozornit je na to, co by měli vidět, často si toho poté začnou všimnout více.
- Žáci neví, jak zakreslit zorné pole do obrázku. V takovém případě pomůže návodná otázka „Jaké nejzazší paprsky může oko pozorovat?“.

- Žáci přeostří na text Romeo a Julie a tím pádem nemají problémy text přečíst.
- Žáci neumístí papír s tečkou a křížkem rovnoběžně se spojnicí oka a tečka nikdy nezmizí. Žáci papír s tečkou a křížkem zvedají a hýbou s ním, čímž se zvlíní a tečka nezmizí. Žáci se nacházejí příliš blízko k papíru nebo příliš daleko od něj a tím pádem tečka nezmizí.
- Žáci nevidí strukturu vlasečnic a nervů na sítnici. V takovém případě je třeba kmitat jednou až dvakrát za sekundu a udržet místo, na které se díváme, vždy v otvoru papírku.
- Papírek žáci vsunou za otvor, ne před něj, nebo ho vsunou moc rychle a nepozorují, která část se začne zakrývat jako první.

Příprava laboratorní práce

V příloze se ve složce Složení Oka nachází soubor *SlozeniOka.docx*. Jedná se o pracovní list, který žáci vyplňují v průběhu experimentování. Pro pohodlí učitele se zde nachází i soubor *SlozeniOka_Reseni.docx*, který obsahuje autorské řešení všech úkolů pracovního listu.

Při práci na stanovišti budou žáci potřebovat stejné pomůcky jako při demonstračním experimentu, všechny materiály by však měli mít vytištěné, aby se s nimi lépe pracovalo. Při vypracovávání pracovního listu se mohou žáci setkat s obtížemi stejnými jako při demonstračním experimentu.

Stanoviště Vady ostrého vidění

ES Vady ostrého vidění poskytuje vhled do základních vad ostrého vidění (krátkozrakost a dalekozrakost) a jak se tyto vady korigují pomocí brýlí nebo bezkontaktních čoček.

Cíle hodiny:

- Žák popíše proces akomodace oční čočky.
- Žák zdůvodní existenci krátkozrakosti a dalekozrakosti.
- Žák navrhne korekci krátkozrakého a dalekozrakého oka.

Příprava demonstračního experimentu

Experimenty, které se při tomto ES konají, vyžadují, aby žáci viděli chod laserových paprsků skrze čočky. Je tedy vhodné mít magnetickou tabuli, magnetický laserový zdroj, sadu magnetických čoček a magnetická schémata oka, nebo vše, co budete dělat na katedře, promítat (např. pomocí vizualizéru, připojenou kamerou na stojanu apod.).

Žáci by měli znát, jak dělíme čočky (na spojné a rozptylné) a co tyto čočky dělají s procházejícími paprsky.

Při práci budete potřebovat následující pomůcky:

- schémata očí (schémata D, K, N a Z) se značkami, kam umisťovat čočky simulujícími blízký předmět (pro schéma D se nachází 29 cm od čočky v oku, pro schéma K se nachází také 29 cm od čočky v oku, pro schéma N se nachází 24 cm od čočky v oku, pro schéma Z se nachází 55,5 cm od čočky v oku),

- set čoček (pro naše schémata užíváme set Betzold Experimentier-Set Optik „Bildentstehung im Auge“ [3], každá čočka je jiná a naše značení je následovné: nejtenčí spojná čočka má číslo 1, nejširší spojná čočka má číslo 4, rozptylné čočky není třeba číslovat),
- laserový zdroj (ideálně takový, který tvoří tři rovnoběžné paprsky, na pěti rovnoběžných paprscích se začne projevovat kulová vada čoček).

Ve zbytku podkapitoly si ukážeme průběh hodiny, ve kterém učitel (U) skrze návodné otázky a doprovodné experimenty představí žákům (Ž) vady ostrého vidění krátkozrakost a dalekozrakost a jejich korektury. Experimentování je tak trochu „škatulata hejbejte se“ s čočkami, je proto vhodné žákům říct i poznámky kolem všech machinací, aby věděli, co děláte a proč to děláte.

U: „Milí žáci, dnes se budeme učit o vadách, kvůli kterým lidé nevidí ostře. Jaké všechny takové vady znáte?“

Nechte žáky vyjmenovat co nejvíce vad a zapisujte je na tabuli.

U: „Výborně. S některými vadami budeme pracovat dál a ukážeme si, proč lidi, kteří je mají, vidí hůře. Nejprve si ukážeme, jak vidí zdraví lidé.“

Ukažte žákům schéma Z.

U: „Schémata, která budeme používat, budou simulovat oči různých lidí. Světlo, které přichází do lidského oka se láme. Kde všude se světlo láme?“

Ž: „Při přechodu mezi dvěma různými prostředími. To znamená, že se láme mezi vzduchem a rohovkou, mezi rohovkou a sklivcem, mezi sklivcem a čočkou a pak znovu mezi čočkou a sklivcem.“

U: „Výborně. Na našich schématech však všechno toto lámání světla budeme značit pouze čočkou. Na tomto schématu je zdravé oko.“

Umístěte na místo čočky v oku čočku číslo 3.

U: „Všechny paprsky, které přicházejí z jednoho bodu, se musí na sítnici také protínat v jednom bodě, jinak by byl obraz rozmazaný. Jaký bude směr paprsků, které budou přicházet z blízkého předmětu?“

Ž: „Pokud bude blízko, budou paprsky rozbíhavé.“

U: „Výborně. Co když tento předmět vzdálíme? Jak se změní směr paprsků?“

Ž: „Budou stále rozbíhavé, ale méně. Budou vypadat víc jako rovnoběžky.“

Pokud by žáci měli problém na toto přijít, můžete jim situaci promítnout pomocí appletu *SbihavostPaprsku.ggb*.

U: „Ukážeme si tedy, jak prochází paprsky lidskou čočkou.“

Posviťte laserovou krabičkou do oka tak, aby se paprsky protnuly v jednom bodě na sítnici.

U: „Naše laserová krabička umí vytvářet pouze rovnoběžné paprsky, pokud bychom chtěli ukázat, jak oko vidí blízký předmět, musíme z paprsků udělat rozbíhavé. K tomu využijeme další čočku.“

Umístěte čočku 1 na vyznačené místo.

U: „Tato čočka pouze dělá to, že nám z paprsků rovnoběžných dělá rozbíhavé. Předmět, na které se naše oko dívá, se nachází zde.“

Ukažte na místo, kde se paprsky před okem protínají.

U: „Paprsky se již neprotínají na sítnici. Oko se tomu tedy musí přizpůsobit. Co se stane s čočkou oka?“

Ž: „Musí se stlačit, aby paprsky více lámala.“

Nahradte čočku v oku za čočku číslo 4. Bude potřeba si trochu pohrát s chodem paprsků, aby se skutečně protnuli v jednom bodě na sítnici v celé optické soustavě.

Vyměňte schéma Z za schéma K. Na místo oční čočky vložte čočku číslo 4 a na vyznačené místo vložte čočku číslo 2.

U: „První vadu, kterou si ukážeme, je krátkozrakost. Lidé, kteří trpí krátkozrakostí nevidí na dálku nebo na blízko?“

Ž: „Vidí jen nakrátko, takže nevidí na dálku.“

Posviťte lasery na oko tak, aby se paprsky protnuly v jednom bodě na sítnici.

Poté odeberte čočku číslo 2, takže se paprsky stanou rovnoběžnými. Oko musí přeostrřit, takže, vyměňte čočku v oku za čočku číslo 4.

U: „Kde se protínají paprsky teď?“

Ž: „Před sítnicí, takže vidí rozmazaně.“

U: „Výborně. Jak můžeme čočce oka pomoci, aby se paprsky protnuly na sítnici?“

Ž: „Přidáme před oko další brýle – další čočku.“

U: „Jaká tato čočka bude muset být?“

Ž: „Paprsky bychom potřebovali více rozbíhavé, takže rozptylná čočka.“

Před čočku oka vložte jednu z rozptylných čoček tak, aby se paprsky protnuly na sítnici.

Vyměňte schéma K za schéma D a na místo čočky v oku vložte čočku číslo 3.

U: „Další vadou je dalekozrakost. Vidí dalekozrací lidé dobře na blízko, nebo na dálku?“

Ž: „Vidí daleko, takže na dálku vidí dobře.“

Posviťte laserovou krabičkou na čočku tak, aby se protnuly paprsky na sítnici.

Vložte čočku číslo 2 na vyznačené místo, aby se z paprsků staly rozbíhavé.

U: „Paprsky se již neprotínají na sítnici. Oko se tomu tedy musí přizpůsobit. Co se stane s čočkou oka?“

Ž: „Musí se stlačit, aby paprsky více lámala.“

Vyměňte čočku oka za čočku číslo 4.

Ž: „Paprsky se protínají za sítnicí, takže vidí zase rozmazaně.“

U: „Výborně, jak můžeme čočce pomoci, aby se paprsky protínaly na sítnici?“

Ž: „Přidáme před oko spojnou čočku.“

Před oko vložte čočku číslo 1 tak, aby se paprsky protnuly na sítnici. Bude potřeba si opět pohrát s celou optickou soustavou.

Vyměňte schéma D za schéma N, na místo oční čočky vložte čočku číslo 4 a na vyznačené místo vložte čočku číslo 3. Posviťte laserem na oko.

U: „Zde se nachází oko, u kterého nevíme, jestli je krátkozraké, nebo dalekozraké. Dokážete mi to říct vy?“

Ž: „Je krátkozraké, protože na blízko vidí dobře. Odstraňte čočku vedle oka a paprsky se protnou před sítnicí.“

Odstraňte čočku 3.

U: „Výborně. Jakou čočkou budeme korigovat tuto vadu?“

Ž: „Krátkozrakost se opravuje rozptylkou.“

Vložte rozptylnou čočku před oko tak, aby se paprsky protnuly na sítnici.

Provedte společný závěr toho, co všechno se žáci dozvěděli, co pro ně bylo nové a co už znali. Dále můžete pokračovat povídáním o dalších vadách (chromatické vady, astigmatismus, koma apod.) a jejich korekcích. Další vady vidění a jejich podrobnější popis se nachází na stranách 22-25 autorovy diplomové práce.

Nejčastější problémy si představíme zde:

- Žáci nezvládají sledovat změny čoček, nebo jim nerozumí. Ve výsledku je to jen bezmyšlenkové pozorování. Je tedy potřeba všechny změny důkladně komentovat.
- Vzniklé optické soustavy jsou náchylné i na malé rozdíly, je třeba v pokládání čoček a míření laserem být důkladný, ať se paprsky protnou tam, kde mají, a neutíkají mimo oko.
- Čočky mají kulovou vadu a ta se projevuje u širokých laserových krabiček. Je potřeba zvolit správnou šířku.

Příprava laboratorní práce

V příloze se ve složce Vady ostrého vidění nachází soubor *VadyOstrehoVideni.docx*. Jedná se o pracovní list, který žáci vyplňují v průběhu experimentování. Pro pohodlí učitele se zde nachází i soubor *VadyOstrehoVideni_Reseni.docx*, který obsahuje autorské řešení všech úkolů pracovního listu.

Při práci na stanovišti budou žáci potřebovat stejné pomůcky jako při demonstračním experimentu. Při vypracovávání pracovního listu se mohou žáci setkat s obtížemi stejnými jako při demonstračním experimentu. Navíc se zde může objevit problém, že použijí někde špatnou čočku a experiment se tak nezdaří.

Stanoviště Skládání barev

ES Skládání barev ukazuje základní principy skládání barev (aditivní RGB; subtraktivní CMYK) a demonstruje jejich aplikace na předmětech z běžného života. Také si zde ukážeme další účinky modrého světla a „ochranu“ před ním.

Cíle hodiny:

- Žák určí výsledky barevných kombinací aditivního a subtraktivního skládání barev.
- Žák udá příklady užívání aditivního a subtraktivního skládání barev.
- Žák vysvětlí funkčnost nočního (čtecího) režimu na displejích elektronických zařízení.
- Žák popíše vliv modrého světla na lidský organismus.

Příprava demonstračního experimentu

Experimenty, které se při tomto ES konají, vyžadují dostatečně silné světelné zdroje nebo dobře zatemněnou místnost (není však potřeba absolutní tma).

Při práci budete potřebovat následující pomůcky:

- tři různě barevné zdroje světla červené, zelené a modré barvy (např. dostatečně silné LED, žárovky s regulovatelnou barvou světla apod.),
- USB mikroskop,
- mobil, tablet, monitor, či jiný displej)
- barevný obrázek na displeji (např. *Duha.jpg*),
- tištěný barevný obrázek (např. *Duha.jpg*).

Ve zbytku podkapitoly si ukážeme průběh hodiny, ve kterém učitel (U) skrze návodné otázky a doprovodné experimenty představí žákům (Ž), jakým způsobem lidské oko vnímá různě barevné zdroje světla, jaký vliv má světlo na lidský organismus, jak různé barvy zobrazují displeje, jak tištěné barvy, a jak displeje pracují s modrým světlem.

U: „Milí žáci, dnes se budeme učit o tom, jak lidské oko vnímá různé barvy.“

Řekněte žákům o všech třech druzích čípků. Bližší informace k nim je možné nalézt např. na stranách 20-21 autorovy diplomové práce.

U: „Naše oko se dá snadno obalamutit. Kombinací několika barev si dokážeme jednu barvu nahradit složením několika jiných.“

Otevřete na displeji barevný obrázek a ukažte ho žákům.

U: „Jaké všechny barvy na obrázku vidíte?“

Nechte žáky vyjmenovat několik různých barev. Následně přes USB mikroskop promítejte na plátno to, co USB mikroskop vidí. Přiblížte a zaostřete USB mikroskopem na displej zařízení tak, aby žáci viděli pixely a přejíždějte postupně přes různé barvy obrázku.

U: „Pomocí USB mikroskopu si můžeme ukázat, z čeho se displej zařízení skládá. Jaké všechny barvy vidíte nyní?“

Ž: „Červenou, zelenou a modrou.“

U: „Jak se těmto světýlkům říká?“

Ž: „Pixely.“

U: „Jak je tedy možné, že jste na obrázku barev viděli daleko více?“

Ž: „Možek ty si ty barvy musí nějak domýšlet.“

U: „Výborně. Ukážeme si, jaké barvy dokážeme vyrobit a jak.“

Pokud je potřeba, zatemněte místnost a rozsviňte samostatně červené a zelené světlo.

U: „Jaká barva vznikne sloučením červeného a zeleného světla?“

Žáci budou hádat všelijaké barvy. Až s odhady skončí, nechte obě světla svítit na stejné místo, ideálně bílou stěnu nebo strop.

U: „Vznikne žlutá barva.“

Je NUTNÉ sdělit jim, jaká barva to je. Různí lidé vnímají různé barvy různě, je tedy potřeba usměrnit různé extrémně citlivé rozlišování „citrónové barvy od banánové“ a extrémně chabé rozlišování „červenozelené barvy“.

U: „Podíváme se zpět na displej zařízení.“

Namiřte USB mikroskop na žlutou část obrázku a ukažte, že žlutá vzniká rozsvícením zeleného a červeného pixelu.

Stejný proces zopakujte se zelenou a modrou, s modrou a červenou a se všemi třemi základními barvami.

Ukázku skládání barevných pixelů můžete provést až poté, co se složí všechny tři základní barvy.

Na obrázku nalezněte černou část a nechte žáky odhadnout, jaké pixely budou svítit tam. Odhad pak zkontrolujte experimentem.

U: „Na stejný obrázek se můžeme podívat mimo displej. Jaké barvy pozorujete zde?“

Namiřte USB mikroskop na tištěný obrázek a přejeďte jím na několik různých míst.

Žáci zde budou uvádět mnoho různých barev, protože záleží na kvalitě tisku. Není možné říci, že by zde viděli pouze modrozelenou, žlutou, růžovou a černou.

U: „Jak je možné, že vidíme jiné barvy zblízka než normálně z dálky?“

Ž: „Opět je to mozem, skládá je dohromady.“

U: „Výborně, znáte z informatiky, jaké barvy se užívají při tisku?“

Ž: „CMYK; cyan, yellow, magenta a black. Česky modrozelená, žlutá, růžová a černá.“

Namiřte USB mikroskop na různé barevné části (ideálně jednobarevné čtverečky nebo části duhy) a ukažte, jak jednotlivé barvy vznikají.

U: „Výborně. Co když se podíváme na jiné předměty? Například oblečení. Jaké barvy uvidíme tam?“

Někteří žáci se můžou nechat zlákat, že se opět jedná o skládání barev, ale často se užívá kvalitní barvivo, díky kterému nejsou vidět jednotlivé barevné tečky, ale jednolitá barva. Tento „podvod“ je důležitý, aby si uvědomili, že BARVY NEVZNIKAJÍ POUZE SKLÁDÁNÍM, ale mohou skutečně existovat samy o sobě.

U: „Vrátíme se ještě jednou ke skládání barev na displejích. Mobily, počítače apod. disponují režimem, který se nazývá ‚Noční‘ nebo ‚Čtecí‘. Pozorujte, co tento režim udělá s barvami, pokud ho zapneme na našem počítači.“

Promítněte barevný obrázek na plátno a zapněte noční režim. V nastavení lze volit „sílu“ nočního režimu.

Ž: „Obrázek je tmavší a víc do žluta a červena.“

U: „Jaké barvy tedy musely být utlumeny, nebo úplně zmizet, aby se jevil obraz žlutější?“

Ž: „Modrá.“

Ukažte USB mikroskopem na displeji, že modré pixely pohasly.

U: „Výborně. Modrá barva má totiž vliv na lidský organismus. Když vidíme modré světlo, tak se v těle netvoří melatonin. Jakou roli má v těle melatonin?“

Ž: „Je zodpovědný za ospalost a spánek.“

U: „Výborně. Tento hormon se běžně začne produkovat večer po západu Slunce, když vymizí modrá obloha. V dnešní době jsou však běžné počítače a mobily, na jejichž displejích svítí modré pixely, které nás udržují vzhůru a je tím pádem náročnější večer usnout. Tato zařízení však mívají nastavitelný plán nočního režimu, který se pak v určité hodině sám zapne. Další alternativa jsou brýle, které mají modrý filtr a modré světlo z jiných zdrojů, jako třeba zářivek, nepropouští.“

Provedte společný závěr toho, co všechno se žáci dozvěděli, co pro ně bylo nové a co už znali. Dále můžete pokračovat pozorováním dalších objektů pod USB mikroskopem nebo povídáním o dalších zdrojích světla a jejich barev.

Nejčastější problémy si představíme zde:

- Žáci si pletou aditivní a subtraktivní skládání barev a prohazují výsledky skládání RGB a CMYK.
- Někdo z žáků může být barvoslepý. V takovém případě je nutné, aby se o něm vědělo, ostatní se mu za jeho odlišné výsledky nesmáli a učitel ho nesmí opravovat. Jeho vnímání barev je prostě odlišné.

Příprava laboratorní práce

V příloze se ve složce Skládání barev nachází soubor *SkladaniBarev.docx*. Jedná se o pracovní list, který žáci vyplňují v průběhu experimentování. Pro pohodlí učitele se zde nachází i soubor *SkladaniBarev_Reseni.docx*, který obsahuje autorské řešení všech úkolů pracovního listu.

Při práci na stanovišti budou žáci potřebovat stejné pomůcky jako při demonstračním experimentu, navíc budou potřebovat spektroskop (např. difrakční mřížku) a návod k práci s dálkovým ovládáním (soubor *NadvodKDalekovemu.docx*). Při vypracovávání pracovního listu se mohou žáci setkat s obtížemi stejnými jako při demonstračním experimentu.

Stanoviště Barvy předmětů

ES Barvy předmětů ukazuje základní optickou vlastnost různých předmětů pohlcovat a odrážet světlo různých barev.

Cíle hodiny:

- Žák vysvětlí, proč se různé předměty jeví být různě barevné.
- Žák popíše souvislost mezi barvou dopadajícího světla na předmět a vnímanou barvou předmětu.

Příprava demonstračního experimentu

Experimenty, které se při tomto ES konají, vyžadují zcela zatemněnou místnost (přirozené světlo zvenčí by mnoho částí experimentů narušilo).

Žáci musí znát aditivní (RGB) skládání barev. Bez něj nemají moc šanci experimenty pochopit a vysvětlit.

Při práci budete potřebovat následující pomůcky:

- zdroj světla, u kterého lze navolit jeho barvu (bude potřeba červená, žlutá, zelená, modrozelená, modrá a růžová barva, bílou barvu můžeme simulovat venkovním světlem nebo stropním osvětlením),
- barevný obrázek (např. *Proužky.docx*).

Ve zbytku podkapitoly si ukážeme průběh hodiny, ve kterém učitel (U) skrze návodné otázky a doprovodné experimenty představí žákům (Ž), jakým způsobem barevné světlo ovlivní vnímanou barvu předmětů.

U: „Milí žáci, dnes se budeme učit o tom, jak barevné světlo ovlivňuje barvu předmětů.“

Řekněte žákům o všech třech druzích čípků. Bližší informace k nim je možné nalézt např. na stranách 20-21 autorovy diplomové práce.

U: „Naše oko se dá snadno obalamutit. Barvy předmětů se dají lehce ovlivnit tím, jak barevné světlo na ně dopadá.“

Rozsviďte červené světlo a zatemněte. Následně žákům ukažte první barevný proužek.

U: „Jakou barvu proužku vidíte?“

Ž: „Červenou.“

U: „Výborně, červenou.“

Je NUTNÉ sdělit jim, jaká barva to je. Různí lidé vnímají různé barvy různě, je tedy potřeba usměrnit různé extrémně citlivé rozlišování „kravě červené od jablíčkové červené“.

Zhasněte červené světlo a rozsviďte žluté světlo. Proces s tázáním a změnou barvy opakujte pro všechny barvy VYJMA bílé.

U: „Jakou barvu bude mít první proužek v bílém světle?“

Zde žáci budou hádat všelijaké barvy. Můžete jim vrátit barevná světla a připomenout barvu proužku v nich. Až odhady skončí, rozsviďte bílé světlo.

U: „Proč tento proužek vypadal červený v červené, žluté a růžové barvě, ale černý v ostatních?“

Ž: „Protože žlutá i růžová obsahují červenou barvu. Červené světlo se tak od proužku mohlo odrážet. Ostatní barvy červené světlo neobsahovaly, takže tam se od proužku neodráželo nic, proto vypadal jako že je černý.“

Stejný proces zopakujte i s ostatními proužky.

Provedte společný závěr toho, co všechno se žáci dozvěděli, co pro ně bylo nové a co už znali. Dále si můžete připravit i jinak barevné proužky či jinak barevné předměty (např.

syté oblečení funguje velmi dobře) a nechat žáky hádat, jakou barvu bude předmět mít v různých barvách.

Nejčastější problémy si představíme zde:

- Žáci si nespojí to, že vnímaná barva předmětu je dána světlem, které odráží.
- Někdo z žáků může být barvoslepý. V takovém případě je nutné, aby se o něm vědělo, ostatní se mu za jeho odlišné výsledky nesmáli a učitel ho nesmí opravovat. Jeho vnímání barev je prostě odlišné.

Příprava laboratorní práce

V příloze se ve složce Barvy předmětů nachází soubor *BarvyPredmetu.docx*. Jedná se o pracovní list, který žáci vyplňují v průběhu experimentování. Pro pohodlí učitele se zde nachází i soubor *BarvyPredmetu_Reseni.docx*, který obsahuje autorské řešení všech úkolů pracovního listu.

Při práci na stanovišti budou žáci potřebovat stejné pomůcky jako při demonstračním experimentu. Při vypracovávání pracovního listu se mohou žáci setkat s obtížemi stejnými jako při demonstračním experimentu.

Stanoviště Vady barevného vidění

ES Vady barevného vidění vysvětluje schopnost lidského oka vnímat barvy, popisuje různé vady, které tuto schopnost narušují, a ukazuje způsob, jak se část těchto vad může oslabit.

Cíle hodiny:

- Žák udá, jak v lidském mozku vzniká vjem různých barev.
- Žák popíše rozpětí v jakém je lidské oko schopné vidět různé barvy.
- Žák vysvětlí, proč barvoslepi lidé nedokážou rozlišovat určité barvy.

Příprava demonstračního experimentu

Experimenty, které se při tomto ES konají, vyžadují mobilní applet. Je proto vhodné, aby si ho žáci stáhli na své mobily dopředu a nemuseli se s tím zdržovat při hodině, nebo aby se promítala kamera telefonu učitele.

Žáci by měli znát aditivní (RGB) skládání barev.

Při práci budete potřebovat následující pomůcky:

- brýle užívané ve 3D kinech pro každého žáka (s jedním „sklíčkem“ červeným a jedním modrozeleným),
- brýle pro barvoslepe lidi,
- applet Colour Blind Pal.

Ve zbytku podkapitoly si ukážeme průběh hodiny, ve kterém učitel (U) skrze návodné otázky a doprovodné experimenty představí žákům (Ž), jakým způsobem vnímají lidé barvy, jak je vnímají barvoslepi lidé a proč je vnímají jinak.

U: „Milí žáci, dnes se budeme učit o tom, jak vnímáme barvy a jak je vnímají barvoslepi lidé. Nejprve si nasadíte brýle na oči.“

Řekněte žákům o všech třech druzích čípků. Bližší informace k nim je možné nalézt např. na stranách 20-21 autorovy diplomové práce.

U: „Brýle si nyní sundejte a střídavě zavřete jedno a druhé oko. Jak se liší obrazy, které vidíte?“

Ž: „Pohled jedním okem je červenější, pohled druhým je modrozelenější.“

U: „Které oko vidí více červeně a které oko více modrozeleně?“

Ž: „To oko, které na sobě mělo červený filtr, teď vidí víc modrozeleně a naopak.“

U: „Výborně. Proč tomu tak je?“

Ž: „Protože když na oku byl červený filtr, dopadalo do oka hlavně červené světlo, mozek si na něj zvykl a přestal ho tolik vnímat. Když jsme si brýle sundali, zbytek barev se zdál být intenzivnější, takže se nám všechno zdá být modrozelenější.“

Řekněte žákům o všech druzích barvosleposti. Bližší informace k nim je možné nalézt např. na straně 24 autorovy diplomové práce. Spustíte a promítejte žákům applet *SpektrálníCitlivostČipku.ggb*. Návod k appletu můžete nalézt v souboru *AppletNavod.pdf*.

U: „Jak jednotlivé barvy budou vnímat zdraví lidé a lidé s nějakým typem barvosleposti si můžeme ukázat na appletu. Tento applet ukazuje, jak námi zvolenou barvu vidí člověk zdravý (nalevo) a jak člověk s deuteranopií (vpravo). Člověku s deuteranopií chybí čípek m.“

U: „Podívejme se nyní na to, jak zdravý člověk rozlišuje zelené a červené světlo. Červené světlo vybudí jaké čípky?“

Ž: „Hlavně čípek L, trochu ostatní, ale ne moc.“

U: „Výborně. A jaké čípky vybudí zelené světlo?“

Ž: „Hlavně čípek L a M, trochu i S, ale ne moc.“

U: „Výborně. Jak na tom je člověk s deuteranopií?“

Ž: „Ten nemá ten čípek M, takže nedokáže rozlišit červené a zelené světlo.“

U: „Výborně. Jak na tom je modrá a fialová barva?“

Ž: „Modré světlo trochu vybudí čípek M, ale ten s deuteranopií ho nemá, takže ani modrou od fialové nerozliší.“

U: „Výborně. To, jak běžný svět kolem nás vidí si můžeme ukázat pomocí appletu Colour Blind Pal. V ní je možné si nastavit, jaký typ barvosleposti chcete, aby simulovala, a dále využívá kameru mobilu, skrze kterou zobrazuje svět kolem vás očima barvoslepých lidí.“

Nechte žáky prohlídnout si svět kolem sebe pomocí této aplikace, nebo jim ho ukažte na svém zařízení.

U: „Pro některé barvosleposti existují speciální brýle, které lidem pomáhají barvy rozlišovat. Podívejte se skrze tyto speciální brýle, které se používají pro lidi s protanomálií, a popište, jak se barvy kolem vás změní.“

Ž: „Všechno je do modra.“

U: „Jaké barvy není člověk s protanomálií rozlišovat?“

Ž: „Červené, žluté a zelené.“

U: „Jaké barvy musí tyto brýle odstiňovat, aby se obraz skrze ně jevil být modrý?“

Ž: „Červené, žluté a zelené.“

U: „Brýle odstiňují jen určité konkrétní odstíny těchto barev, takže se ty ostatní zdají být kontrastnější. Tím pomáhají barvoslepým rozlišovat barvy lépe.“

Provedte společný závěr toho, co všechno se žáci dozvěděli, co pro ně bylo nové a co už znali. Dále si můžete povídat o tom, jak se ve světě přizpůsobuje barvoslepým lidem (např. režimy barvosleposti ve hrách, aplikacích apod.).

Nejčastější problémy si představíme zde:

- Žáci si nespojí to, že vnímaná barva je spojením čípků.
- Někdo z žáků může být barvoslepý a může se stát „zkoumaným objektem“.

Příprava laboratorní práce

V příloze se ve složce Vady barevného vidění nachází soubor *VadyBarevnehoVideni.docx*. Jedná se o pracovní list, který žáci vyplňují v průběhu experimentování. Pro pohodlí učitele se zde nachází i soubor *VadyBarevnehoVideni_Reseni.docx*, který obsahuje autorské řešení všech úkolů pracovního listu.

Při práci na stanovišti budou žáci potřebovat stejné pomůcky jako při demonstračním experimentu. Při vypracovávání pracovního listu se mohou žáci setkat s obtížemi stejnými jako při demonstračním experimentu.

Literatura

- [1] KOPŘIVA, Tomáš. *Vývoj experimentálních stanovišť pro novou koncepci tématu Optika v Interaktivní fyzikální laboratoři I*. Diplomová práce, vedoucí Kácovský, Petr. Praha: Univerzita Karlova, Matematicko-fyzikální fakulta, Katedra didaktiky fyziky, 2022. Dostupné online: <https://dspace.cuni.cz/handle/20.500.11956/173955>
- [2] Interaktivní fyzikální laboratoř. *MFF UK | Matematicko-fyzikální fakulta*. Copyright © 2022. Dostupné online: <https://www.mff.cuni.cz/cs/kdf/akce-pro-zaky-zs-a-ss/interaktivni-fyzikalni-laborator>
- [3] Betzold Experimentier-Set Optik „Bildetstehung im Auge“. *Experimentierkasten – Optik | BETZOLD*. Dostupné online: <https://www.betzold.ch/prod/89947/>

Padající a šplhající hračky

Čestmír Krejčí

Gymnázium a jazyková škola Břeclav

Abstrakt

Jak propojit hravou tvorbu s fyzikálními zákonitostmi? Šplhající a padající hračky, vyrobené z papíru, dřeva či 3D modelů, představují originální způsob, jak oživit výuku fyziky. Tyto jednoduché mechanismy umožňují studentům interaktivně pochopit principy gravitace, tření a mechaniky. Příspěvek ukazuje, jak lze tyto experimenty snadno implementovat do hodin fyziky, podpořit kreativitu žáků a přenést teorii do praxe. Učitelé zde naleznou inspiraci, jak motivovat studenty k objevování fyziky prostřednictvím vlastnoruční výroby a hravého zkoumání.

Úvod

Tento materiál obsahuje inspiraci a návody na výrobu zajímavých šplhajících a padajících hraček. Některé z nich si můžete zakoupit v hračkářství, ale pro žáky bude určitě přínosné, když si hračku můžou sami ve škole nebo doma vyrobit. V příspěvku jsou k výrobě vybrány hračky různých obtížností – od jednoduchých papírových až po sestavování hračky z vytištěných komponent na 3D tiskárně jak pro žáky 1. stupně ZŠ, tak i pro středoškoláky.

Dřevěné padající hračky

V hračkářstvích jsou k dostání různé tradiční dřevěné hračky, které ke svému pohybu využívají gravitaci, například figurky klouzající dolů po tyči nebo padající po žebříku, případně zvířátka, která se zajímavým způsobem pohybují po nakloněné rovině.

U prvního typu hraček, kde třeba panáček padá po žebříku, je princip jednoduchý: figurka tvaru dřevěného kolíčku má přesně vyvážené těžiště a po uvolnění začne z jedné příčky žebříku na druhou samovolně klouzat dolů díky gravitaci. Pohyb je zajištěn tím, že se při pádu střídavě opírá o jednotlivé příčky žebříku, což jí umožňuje postupný pohyb dolů.

U druhého typu hračky, například velblouda pochoduujícího po nakloněné rovině, hraje roli přesně navržené těžiště a setrvačnost. Velbloud je často vyroben s pohyblivými a dole zaoblenými končetinami, které jsou mírně nepravidelné – díky tomu vzniká efekt kývavého pohybu, který vypadá jako pochod. Gravitace spolu s nepravidelostí mechanismu zajišťují jeho plynulý a rytmický posun. Tyto hračky nejenomže působí jednoduše a esteticky, ale také krásně ukazují základní fyzikální principy v praxi.



Obr. 1. Dřevěné hračky: na žebříku padající panáček a pochodující velbloud.

Lepivá figurka padající po skle okna

Pomůcky: lepidlá figurka

Postup:

Lepivé figurky se dají koupit v hračkářství nebo po větších baleních i na internetových obchodech (alibaba.com, aliexpress.com apod.). Hodíme figurku na okno a sledujeme, jak se nejprve na skle uchytí a pak pomalu sjíždí různými směry dolů. Přitom se zachytává skla pomocí svých lepidých konců ručiček a nožiček.

Vysvětlení:

Lepkové části figurky jsou obvykle vyrobeny z měkkého, elastického a přilnavého materiálu – často silikonu nebo termoplastického elastomeru (TPE). Tento materiál je dostatečně lepidlý na molekulární úrovni, což mu umožňuje přilnout ke sklu nebo dalším hladkým povrchům bez lepidla. Přilnavost funguje díky van der Waalsovým silám – slabým elektrostatickým interakcím, které se vyskytují mezi molekulami povrchu skla a povrchem figurky. Materiál uvnitř figurek je elastický a měkký, takže při kontaktu s povrchem se figurky mohou snadno natahovat a jinak deformovat. Při pádu figurky se jedna část (např. ruka nebo noha) přichytí ke sklu, zatímco zbytek figurky se začne natahovat kvůli gravitaci. Když už napnutý tvar nemůže unést hmotnost figurky, její část se uvolní a umožní figurce sklouznout dolů, kde se znovu přichytí její jiná část. Tento cyklus se opakuje a vytváří efekt padající a přichytávající se postavičky. Aby si figurky udržely svou přilnavost, je jejich materiál navržen tak, aby byl samočistící. Prach a nečistoty totiž mohou omezit jejich schopnost přichytit se, ale obvykle stačí figurku opláchnout vodou, aby se obnovila její lepidivost.



Obr. 2. Různé druhy lepidých figurek. [1]

Padající kapesníček

Pomůcky: látkový kapesník, nit, jehla, pružina z propisky, nůžky.

Postup:

Látkovým kapesníkem máme provlečenou nit, za kterou kapesník nahoře držíme jednou rukou a dole držíme druhou rukou.

Kapesník necháme padat dolů a vždy jej na „povel“ zafixujeme v určité pozici.

Vysvětlení:

Pod kapesníkem je ukryta pružinka z propisky, kterou je v několika jejích závitech nit provlečena. Napnutím niti rukama se zvýší třecí síla mezi nití a pružinkou natolik, že pružinka se pevně na niti uchytí a tím udrží i kapesník. Po povolení niti rukama, pružinka povolí a padá dolů po niti i s kapesníkem, dokud nit znovu na „povel“ nenapneme.



Obr. 3. Padající kapesníček.

Padající panáček a panenka

Pomůcky: figurky panáčka a panenky vytištěné na 3D tiskárně, dřevěná deska, hřebíčky, kladivo, metr.

Postup:

Pro panáčky vytvoříme na dřevěné desce dráhu, po které budou padat dolů. Kladívkem zatlučeme do desky dvě rovnoběžné řady hřebíků vzdálené od sebe 7 cm, přičemž vzdálenost hřebíků v každé řadě od sebe je také 7 cm. Hřebíčky ve druhé řadě jsou přitom vzhledem k první řadě posunuty směrem dolů zhruba do poloviny vzdálenosti mezi hřebíčky první řady. Připravenou hřebíčkovou dráhu můžeme postavit na židli a opřít ji o její opěradlo tak, aby byla téměř kolmá k sedáku židle.

Figurky položíme na první dvojici hřebíků a necháme je padat dolů.

Vysvětlení:

Při položení panáčka jeho podpažím na první dvojici hřebíků, mění panáček svoji stabilitu a propadává dráhou mezi hřebíčky kmitavými pohyby směrem dolů. Napomáhá tomu i

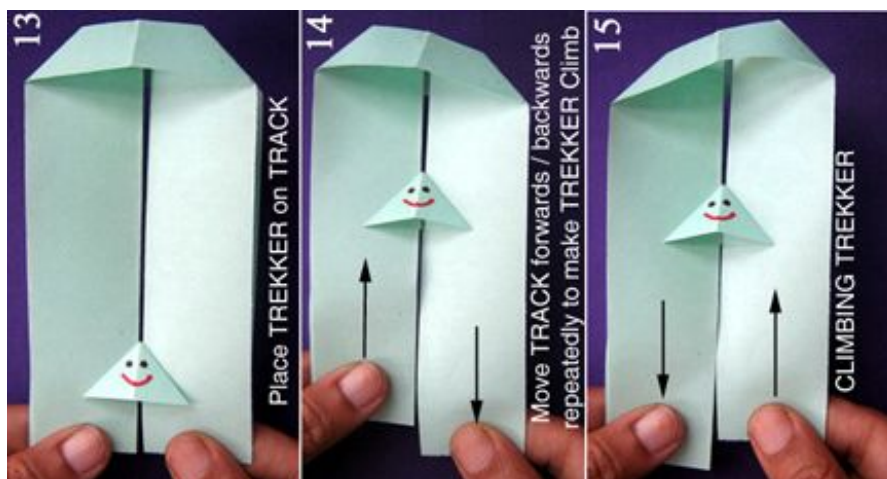
vytvořený návrh figurky, která má více materiálu ve své dolní části. Pro úspěšný pohyb figurek po dráze až dolů, je nutné vyzkoušet správné naklonění hřebíčkové dráhy.



Obr. 4. Figurka panáčka a panenky na hřebíčkové dráze.

Climbing man

Řadu námětů na jednoduché a přitom zajímavé hračky najdeme na stránkách indického vynálezce a propagátora vědy Arvinda Gupty, který je známý svými inovativními vzdělávacími hračkami vyrobenými z recyklovaných materiálů. Z jeho internetových stránek [4] jsem pro účastníky dílny vybral jednoduchou papírovou hračku Climbing man, kterou jsme si během několika minut společně vyrobili. Postup výroby najdete na uvedených internetových stránkách. Střídavým taháním za dva konce papíru vyšplhá trojúhelníková hlavička mezerou mezi přeloženými částmi papíru nahoru. Uplatní se přitom třecí síla, která vzniká při správném tření papíru o sebe.

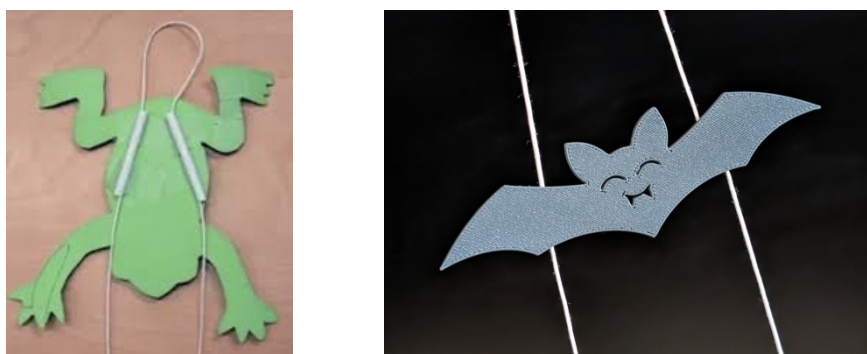


Obr. 5. Climbing man.

Šplhající papírové hračky na dvou nitích

Příkladem použití jednoduchého mechanického principu šplhání jsou papírové šplhající hračky. Tyto hračky mají na zadní straně tavnou pistolí nebo izolepou přilepena dvě plastová brčka. Jedním brčkem je provlečen provázek směrem nahoru a pak se druhým brčkem vrací dolů. Na obou koncích provázku se obvykle udělají dvě smyčky pro prsty.

Provázek mezi brčky se upevní nahoře za vhodné uchycení (hřebík, háček na tabuli, někdy stačí i prsty jedné ruky), smyčky na koncích provázku se navlečou na prostředníček a ukazovák druhé ruky a provázek se napne. Střídavým kmitáním obou prstů se díky třecí síle mezi brčky a provázky hračka posunuje po provázku směrem vzhůru. Pokud povolíme provázek, hračka po provázcích klouže zpět dolů. S používáním 3D tiskáren se nabízí celá řada zajímavých modifikací pomůcky, kdy hračka může být celá vytištěna i s úchyty pro provázky na své zadní straně.



Obr. 6. Šplhající papírová žába a netopýr z 3D tiskárny.

Opice šplhající na dvou lanech

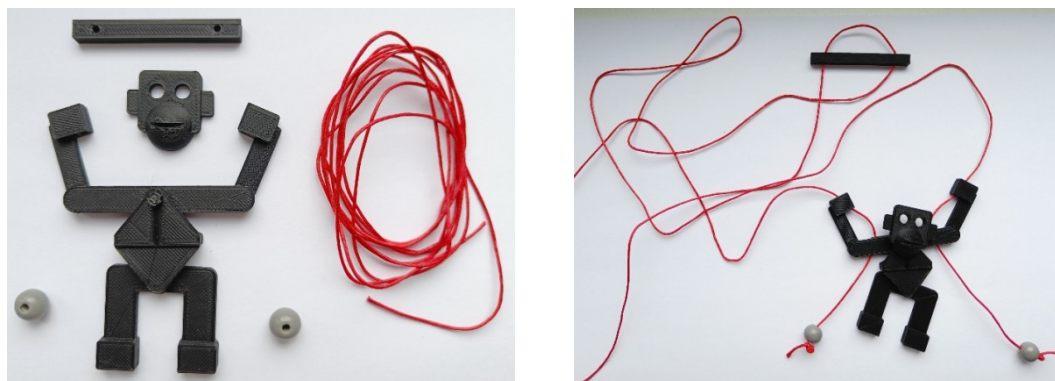
Pomůcky: model opice z 3D tiskárny, provázek, nůžky, korálky.

Postup:

Na internetových stránkách [5] jsou popsány dva zajímavé modely šplhajících hraček. Nejprve si popíšeme výrobu a princip fungování jednodušší z nich, kterou jsem nazval „opice šplhající na dvou lanech“.

Tento tiskový model je vytvořen ze tří oddělených částí: hlavy, těla a tyčky s otvory. Pokud vaše tiskárna zvládne model těla správně vytisknout, pak se mu mohou volně pohybovat nohy a také ohýbat ruce v ramenech a loketních kloubech. Vytištěná hlava opice se nasadí do připraveného kloubu na krku a model je připravený k provlékání vhodného provázku. Ideálním provázem se jeví takový, který se při používání příliš netřepí a dá se koupit jako modelářský provázek (např. Basteln Schnur v obchodě TEDI). Provázek provlékneme zdola otvorem v paži a otvorem v ruce. Pokračujeme přes otvor v tyčce, která bude zajišťovat, aby oba provázky byly od sebe nahoře odděleny na vzdálenost asi 10 cm. Pod otvorem v tyčce však vytvoříme uzel, který bude tyčku fixovat, aby nespadla po provázku dolů. Pokračujeme provlečením provázku shora dolů druhým otvorem v tyčce (pod ní vytvoříme také uzel) a provázek protáhneme otvorem v ruce a paži opičky. Na koncích provázku doporučuji navléknout jako koncovky vhodné korálky. Provázek nahoře přehodíme přes hřebík nebo háček tak, aby tyčka, vzdalující oba provázky od sebe, byla asi 5 - 10 cm pod upevněním.

Střídavým taháním za korálky na koncích provázku šplhá opička po napnutých provázcích díky třecí síle vzhůru a po povolení provázků padá dolů.



Obr. 7. Pomůcky na výrobu opičky šplhací na dvou lanech a sestavená hračka.

Opice šplhající na jednom laně

Pomůcky: model z 3D tiskárny, kovářská nit, šroub M3 x 20, samojistná matice M3 nebo dvě matice M3, gumička, nůžky, sekundové lepidlo, křížový šroubovák.

Postup:

Dalším modelem ze stránek [5] je opice šplhající na jednom laně. Tuto hračku vytvářejí někteří kolegové fyzikáři ze špachtlí, výroba je přitom pracná, časově náročná a hračka brzy přestává fungovat. Vhodnější se dnes jeví používat modely připravené pro 3D tisk.

Model opice se skládá z více komponent. Nejdříve sekundovým lepidlem slepíme k sobě a především k tělu ruce – lepidlo necháme dokonale zaschnout – ruce nesmí být pohyblivé. Při jejich fixaci už můžeme dlaněmi opice protáhnout šroubek M3 a pohlídat tak jejich správné nastavení. Naopak při lepení nohou k tělu je nutné, aby nohy po přilepení k sobě a k tělu byly v kloubu volně pohyblivé.

Po zaschnutí lepidla, zauzlujeme gumičku kolem třetí spojky nohy a její druhý konec provlékneme mezi rukami opičky a přetáhneme přes její hlavu. Pokud je i potom gumička dlouhá, můžeme opičku u krku z ní vytvořit uzel. Gumička bude přitahovat nohy opičky k hlavě.

K vytvoření správné velikosti třecí síly používáme vhodnou pevnou nit. Ideální nití může být tzv. kovářská nebo jeansová nit. Je velmi pevná a při práci s ní dáваме pozor, abychom se neříznuli. Nit provlékneme shora nad 1. spojkou nohy, obtočíme zesponu kolem 2. spojky a vedeme ji vzhůru mezi dlaněmi s maticí a šroubkem. Konce nitě potom přivážeme ke kroužkům, za které rukama vždy táhneme silou směrem od sebe, abychom se nití nepořezali.

Když máme hračku sestavenou, začneme ji připravovat ke šplhání. Křížovým šroubovákem postupně utahujeme šroubek a taháním za koncovky s kroužky zkusíme, zda se něco děje. Nejprve se po našem natažení rukou od sebe natáhnou také ruce a nohy hračky od sebe, ale opice ještě nebude šplhat. Gumička vrátí nohy zpět. Stačí však trpělivým pootáčením šroubku v dlaních opičky najít správnou velikost třecí síly mezi dlaněmi a opička bude šplhat směrem vzhůru. Nikdy netaháme příliš velkou silou, abychom si hračku před jejím sestavením nezničili nebo nepřetrhli provázek. Stačí šroubek v určité

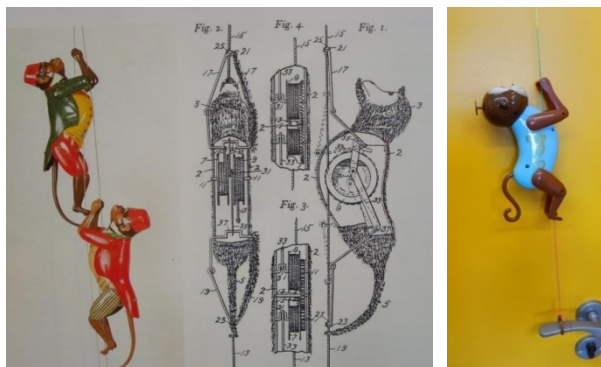
poloze pootočit i jenom o čtvrtinu otáčky a už vznikne tolik potřebná třecí síla, na které je šplhání opice založeno.



Obr. 8. Postup při výrobě opičky šplhající po jednom laně.

Šplhací mechanismus

Strunový šplhací mechanismus se dvěma kladkami různé velikosti byl dříve patentovaným řešením v hračkách, které se pohybovaly po provázku směrem vzhůru. Mezi nejstarší provázkové šplhací hračky, které byly sériově vyráběny, patří TOM the Climbing Monkey z roku 1895 vyráběná firmou Lehmann. Tuto hračku od té doby zkopírovali všichni hlavní výrobci plechových a plastových hraček. Tento strunový šplhací mechanismus s dvojitou kladkou využívá kombinaci několika fyzikálních principů: mechanickou výhodu kladek, princip rotace a přenos momentu síly. Každá z kladek má odlišný průměr, což znamená, že se otáčí různou rychlostí a přenáší sílu rozdílným způsobem. Větší kladka vyžaduje menší sílu na otočení, zatímco menší kladka potřebuje větší sílu, ale otáčí se rychleji. Klíčovým prvkem mechanismu je to, že na každé kladce jsou namotány provázky v opačných směrech. Tím, že zatáhneme za provázek směrem dolů, vytvoříme pohyb, který zvedá hračku vzhůru.



Obr. 9. Patent strunového šplhacího mechanismu [6] a hračky na něm založené.

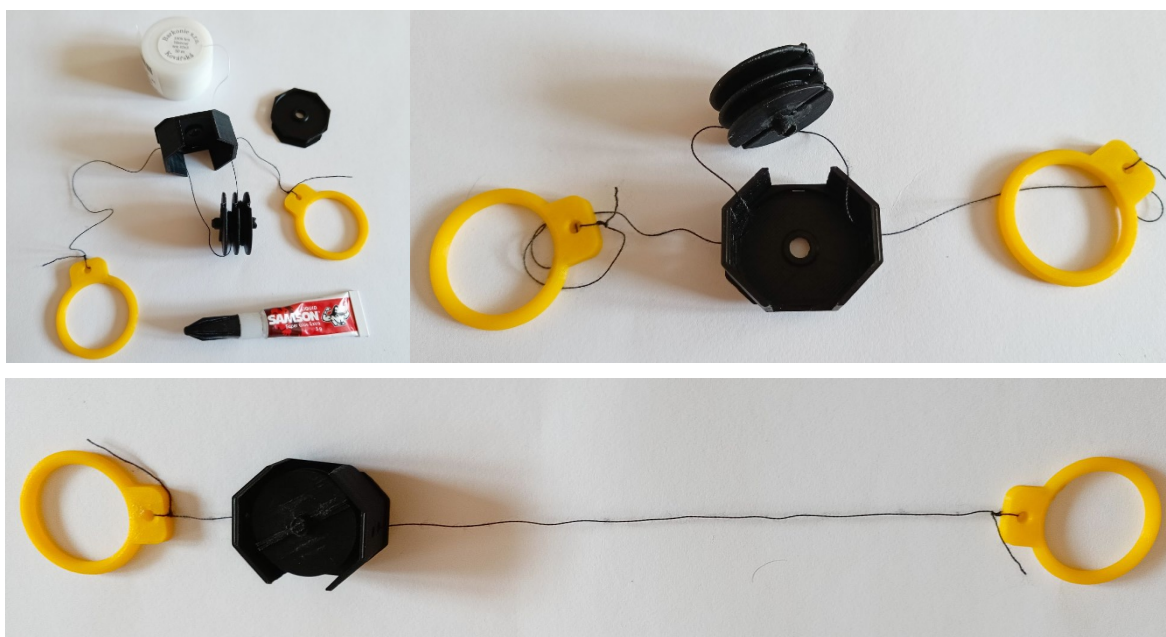
Pomůcky: model z 3D tiskárny [6], kovářská nit, gumička, nůžky, sekundové lepidlo, ruční bruska.

Postup:

Vytiskneme všechny komponenty na 3D tiskárně: dvě poloviny kladek, dva kroužky, pouzdro a krytku k němu. Nejprve sekundovým lepidlem slepíme k sobě obě poloviny kladek a necháme je pečlivě zaschnout. Pak obrousíme z obou stran osy kladek, aby se volně otáčely nasazené v pouzdru. Ustříhneme si asi 1 m kovářské nebo jeansové niti. V kladce je maličký otvor, kterým protáhneme nit asi do poloviny její délky. Nit pak začneme na menší kladce namotávat opačným směrem, než na kladce větší. Stačí tak 5–6 otáček niti kolem každé z kladek.

Vyzkoušíme nasazení slepených kladek do pouzdra a konce nití protáhneme z pouzdra ven tím otvorem v pouzdru, který je ke každé z kladek blíže. Konce nití přivážeme ke kroužkům, za které budeme rukama táhnout od sebe směrem nahoru a dolů.

Pouzdro zavřeme krytkou (můžeme během testování mechanismu přichytit pouzdro gumičkou) a zkusíme otáčení kladek při tahání niti za koncové kroužky. Kladky se musí velmi dobře otáčením obrousit, aby se snadno otáčely uvnitř mechanismu. Když se nám začne dařit, aby mechanismus po niti vystoupal vzhůru, nebude ještě vlastní vahou kvůli tření padat dolů. Stahujeme jej opakovaně dolů rukou, dokud nebude vše hladce fungovat a mechanismus po niti klouzat. Pouzdro by mělo na niti vystoupat vzhůru a samo sklouznout po povolení niti dolů. Teprve pokud jsme s výsledkem spokojeni, krytku pouzdra přilepíme.



Obr. 10. Pomůcky a následné sestavování strunového šplhacího mechanismu.

Na principu strunového šplhacího mechanismu je možné vytvořit celou řadu zajímavých hraček (raketa, robot, UFO, vánoční stromeček), kde je tento mechanismus ukrytý v útrobách hračky. Účastníci dílny obdrželi k sestavení model šplhající ještěrky.

Šplhající ještěrka

Pomůcky: model z 3D tiskárny [7], kovářská nit, gumička, nůžky, sekundové lepidlo.

Postup:

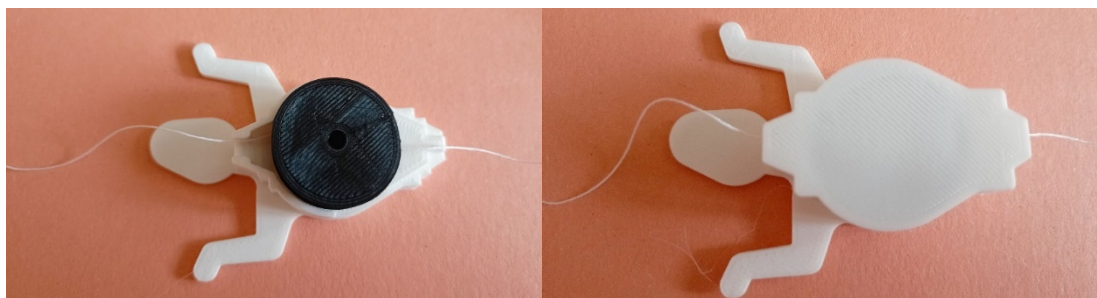
Model obsahuje více komponent a je na sestavování a vlastní spolehlivé fungování poměrně náročný. Připravil jsem proto podrobnější návod k jeho sestavení i s fotografiemi.

Nejprve začneme sestavovat ze 3 dílů dvojitou kladku. Připravíme si asi 80 cm dlouhou nit, kterou přestříháme na dvě stejné části. Na konci každé z nití vytvoříme několika násobný tlustý uzel. Uzel první nitě vložíme do otvoru v pyramidě kladky, zakápneme sekundovým lepidlem a přilepíme na pyramidu kladky velký kroužek s větším otvorem. Uzel druhé nitě vložíme do otvoru v pyramidě kladky, zakápneme sekundovým lepidlem a přilepíme na pyramidu kladky malý kroužek s malým otvorem a necháme lepidlo zaschnout. Tím vznikne kladka s různými poloměry. Na kladku s větším poloměrem namotáme nit jedním směrem a na kladku s menším otvorem namotáme druhou nit opačným směrem.



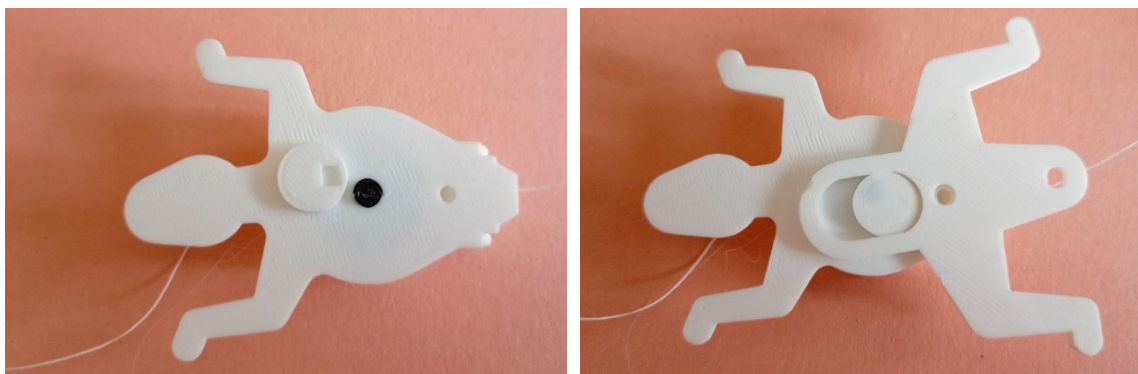
Obr. 10. Pomůcky a sestavení kladek šplhající ještěrky.

Kladku vložíme do těla ještěrky tak, aby jedna z nití šla přes hlavu a druhá přes její zadeček. Z druhé strany uzavřeme krytkou kladku v pouzdru ještěrky. Na konce nití přivážeme kroužky a celý mechanismus pořádně hladce rozběháme.



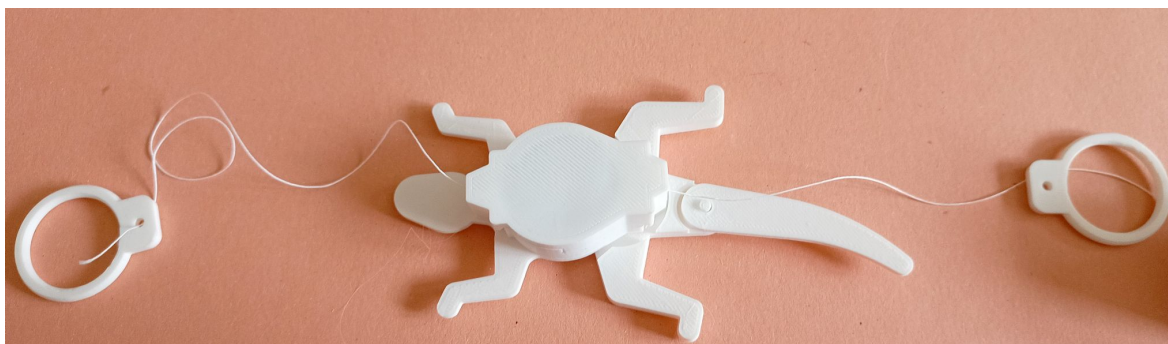
Obr. 11. Vložení kladky do ještěrky a umístění nití.

Z břicha ještěrky vystupuje malá osa o čtvercovém půdorysu (na obr. 12 je černá). Vyzkoušíme na ni nasadit malý kruh se čtvercovým vrypem. Tento kruh bude zároveň vsazen do otvoru s nohama ještěrky – jde o vačkovou hřídel, která pak bude pohybovat nohama a ocasem ještěrky. Pouze na tuto osu kápneme sekundové lepidlo.



Obr. 12. Pohled na černou osu a nasazení vačkové hřídele na břicho ještěrky.

Plastovým nýtem pak připevníme nohy ještěrky k tělu tak, aby se mohly volně pohybovat. Druhým nýtem připevníme k nohám ještěrky její ocásek, aby také mohl kmitat. Teprve, když všechno funguje, slepíme hřbet ještěrky k tělu a nýty tak, aby se mohly nohy a ocásek pohybovat. Hladkému chodu hračky pomůže také mazivo WD 40.



Obr. 13. Sestavený model šplhající ještěrky.

Literatura:

- [1] Dostupné online:
https://www.alibaba.com/product-detail/Promotion-Spiderman-Climbing-Wall-Sticky-Spider_62439970061.html?spm=a2700.7724857.0.0.74201503t2RkbL
- [2] Dřevěné špachtle 1,8x15 cm. Dostupné online:
<https://www.stoklasa.cz/drevene-spachtle-1-8x15-cm-x138260>
- [3] 3D figurky muže a ženy. Dostupné online:
<https://www.thingiverse.com/thing:4910013>
- [4] Climbing man. Dostupné online:
<https://www.arvindguptatoys.com/toys/climbingman.html>
- [5] Šplhající opice na dvou lanech. Dostupné online:
<https://www.instructables.com/Climbing-Monkeys-3D-Printed-Vintage-inspired-Toys/>

- [6] Patenty na šplhající hračky. Dostupné online:
<https://www.alphadrome.net/forums/topic/22543-tom-the-climbing-robot-based-on-the-1895-lehmann-toy/>
- [7] Model šplhající ještěrky: Dostupné online:
<https://www.myminifactory.com/object/3d-print-climbing-skink-toy-27613>

Hrátky s DNA

Martin Kuthan, Jiří Jirout

Společnost M.G.P., spol. s r.o.

Abstrakt

Určitě znáte pojmy klonování DNA, PCR, elektroforéza, testování na COVID-19. Ale je možné zkusit si hrátky s DNA ve vaší třídě i prakticky? V tom případě jste s námi na správné adrese – tedy pardon ve správné laboratoři!

Pojďte si s námi prakticky vyzkoušet separaci molekul nukleových kyselin pomocí elektroforézy a využít tuto techniku při testování na COVID-19. Kromě praktické činnosti si samozřejmě doplníme i teoretické znalosti a představíme přístroje a sady použitelné pro výuku na SŠ či dokonce ZŠ.

Cíl experimentu

V simulovaném testu budeme pomocí elektroforézy zjišťovat přítomnost viru SARS-CoV-2 ve vzorcích od tří pacientů s příznaky COVID-19. Vzorky byly odebrány pomocí stěru z nosohltanu, RNA byla extrahována a poté analyzována pomocí RT-PCR. Pojďme stanovit diagnózu po provedení elektroforézy vzorků!

Pomůcky a vybavení

- DNA elektroforéza (např. Elektroforetický systém EDGE™ kat. číslo 500) [1]
- Výuková sada Testování na COVID-19 pomocí nukleových kyselin (kat. číslo 123) [1]. Sada obsahuje všechny potřebné vzorky DNA, agarózu, 50x koncentrovaný elektroforetický pufr, koncentrát barvičky FlashBlue™ pro barvení gelů, nanášecí pufr.

Další vybavení

- Ideálně mikropipeta se špičkami na pipetování malých objemů do 50 µl (např. mikropipeta Edvotek® 5–50 µl kat. číslo 590) [1]. Jako možnou nízkonákladovou variantu můžeme použít i plastovou Pasteurovu pipetu :-)
- Váhy, mikrovlnka, 150–200 ml baňka či kádinka na přípravu gelu, kuchyňská chňapka, destilovaná voda, malé plastové mističky na barvení a odbarvování gelů (např. plastové obaly od sýrů apod. vhodné velikosti)
- Výuková sada využívá pro barvení DNA v gelu modrou barvu FlashBlue™. V případě, že chceme barvit DNA fluorescenčně, je potřebná ještě příslušná barva (např. SYBR® Safe DNA Stain, kat. číslo 608) [2]. Použití fluorescenční barvy umožňuje integrovaný elektroforetický systém EDGE™ spojující elektroforetickou aparaturu a zdroj modrého světla do jediného snadno použitelného přístroje [4]. Výhodou použití fluorescenčního značení DNA přímo v gelu je možnost okamžité kontroly dělení molekul již během elektroforézy a výrazné zkrácení protokolu (bez nutnosti dodatečného barvení či odbarvení gelu).

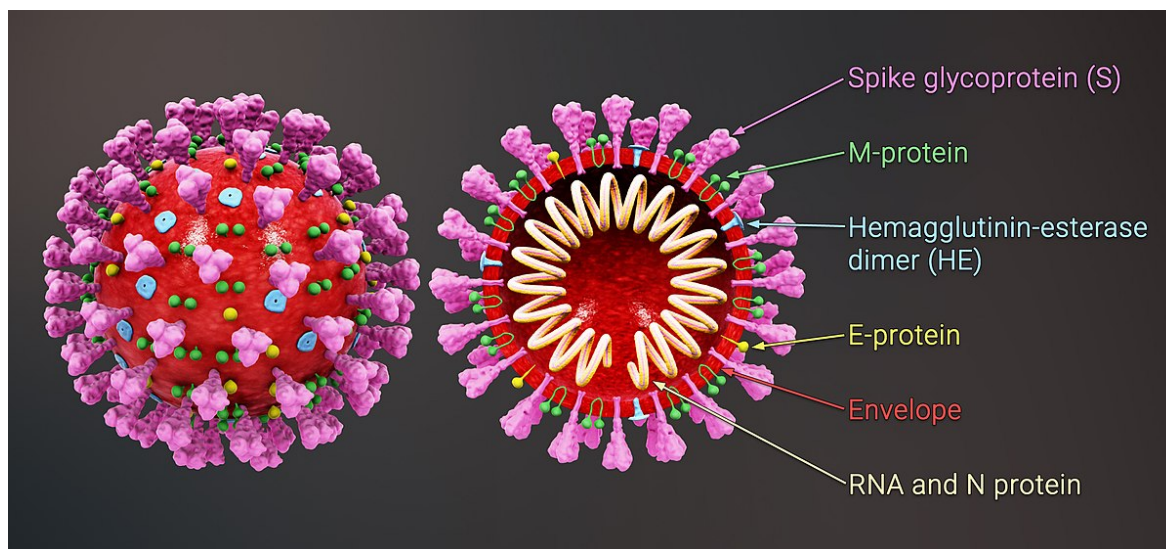
Teoretický úvod

Aby bylo jasné, co a proč se při reálných testech v laboratoři vlastně děje, přinášíme i „špetku“ teorie. V případě, že byste radši přešli rovnou na praktické provedení úlohy, přeskočte do kapitoly „Pracovní postup – návod“, kde si ukážeme, jak postupovat při simulovaném diagnostickém testu.

Koronavirus SARS-CoV-2

COVID-19 je vysoce infekční onemocnění, které je způsobeno koronavirem SARS-CoV-2. První případ byl identifikován v čínském Wu-chanu v prosinci 2019. Od té doby se virus rozšířil po celém světě a způsobil globální pandemii.

Koronaviry mají jednovláknový genom RNA zabalený do šroubovicové kapsidy. Kapsidu obklopuje membránový obal odvozený od hostitele. Obal je posetý spike proteiny, které viru pomáhají infikovat hostitelské buňky. Při pozorování v elektronovém mikroskopu vytvářejí obalové proteiny kolem virové částice mlhavou aureolu. Vědci ji popsali latinským slovem corona, což znamená „koruna“ nebo „svatozář“.



Obr. 1. Struktura koronaviru s vyznačeným umístěním virových proteinů [3].

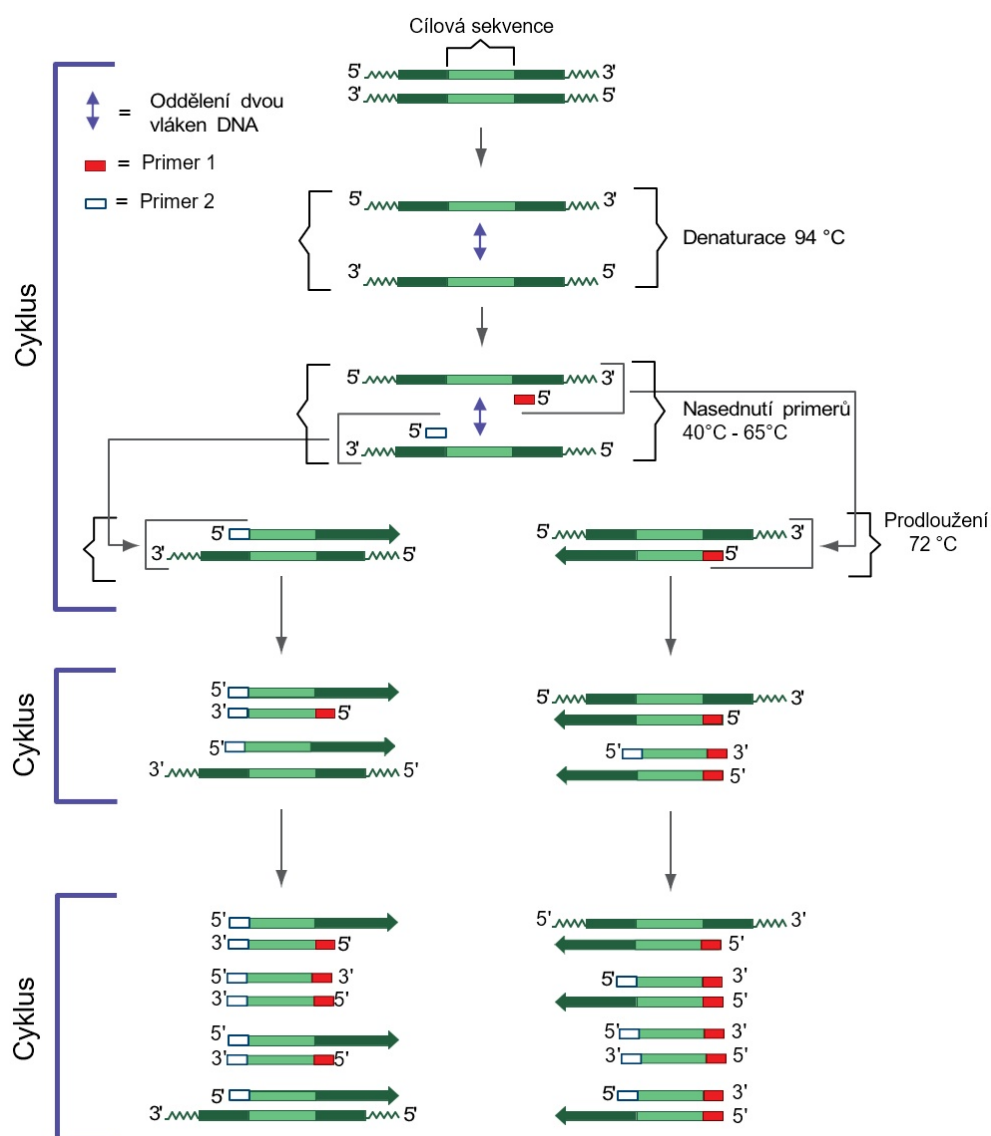
Stejně jako všechny koronaviry má i SARS-CoV-2 čtyři hlavní strukturní proteiny. Monomery nukleokapsidového proteinu (N) se spojují do šroubovice, která obepíná a chrání genom RNA. V membráně je zabudováno několik virových proteinů: spike protein (S), obalový protein (E) a membránový protein (M). Protein S se váže s povrchovými proteiny lidských buněk, což viru umožňuje vpravit svůj genetický materiál do hostitelských buněk. Protein M koordinuje interakce mezi ostatními virovými proteiny a faktory hostitelské buňky, takže se buňky změní v jakési továrny na viry. Protein E, fungující jako tzv. viroporin, vytváří kanály v buněčné membráně usnadňující uvolňování viru.

Existují dva typy diagnostických testů k potvrzení infekce COVID-19: buď testování přítomnosti virových nukleových kyselin pomocí PCR s reverzní transkripcí (RT-PCR) nebo imunochemický test k identifikaci přítomnosti protilátek u pacientů (ELISA). Testy RT-PCR

jsou v současné době používány zdravotnickými laboratořemi po celém světě pro zjištění přítomnosti virového genomu, což znamená aktivní infekci. Vzhledem k tomu, že RT-PCR je extrémně citlivá a dokáže detekovat nepatrné množství viru, je ideálním testem pro detekci aktivní infekce SARS-CoV-2.

Test RT-PCR na SARS-CoV-2

Dr. Kary Mullis v roce 1984 způsobil revoluci v molekulární biologii, když vymyslel jednoduchou a elegantní metodu kopírování vybraných částí DNA. Mullis zjistil, že může klonovat DNA přímo ve zkumavce pomocí krátkých syntetických kousků DNA (známých jako primery) a enzymu DNA polymerázy. Primery je možné připravit a uměle nasyntetizovat tak, aby byly zaměřeny na konkrétní sekvenci DNA, takže je možné naklonovat například vybraný gen. Za vývoj této techniky, dnes známé jako polymerázová řetězová reakce (nebo PCR), byla Mullisovi v roce 1993 udělena Nobelova cena za chemii.



Obr. 2. Princip fungování PCR, popis dále v textu. Upraveno podle [2]

Při klonování pomocí PCR se dvouřetězcová DNA smíchá s primery, termostabilní DNA polymerázou (Taq) a nukleotidy. Poté se směs zahřeje na 94 °C, aby došlo k denaturaci dvoušroubovice DNA (tj. k oddělení jednotlivých vláken, viz obrázek 2). Vzorek se poté ochladí na 45 - 60 °C, což umožní nasednutí primerů na cílovou sekvenci DNA. Nakonec se teplota zvýší na 72 °C, což je optimální teplota, při které Taq polymeráza prodlouží primer a vytvoří nové vlákno DNA. Každý „cyklus PCR“ (denaturace, nasednutí primerů, prodlužování vlákna) zdvojnásobí množství cílové DNA za méně než pět minut. Z jediné molekuly DNA je tak možné připravit obrovský počet kopií a k vytvoření dostatečného množství DNA pro analýzu stačí dvacet až čtyřicet cyklů. Pro zjednodušení tohoto procesu byl vytvořen specializovaný přístroj, nazývaný PCR cyklér, který vzorky rychle zahřívá a ochlazuje. Díky snadnému použití a schopnosti rychle amplifikovat DNA se PCR stala v lékařských diagnostických laboratořích pro detekci patogenů nepostradatelnou.

Protože Taq polymeráza je DNA-dependentní DNA polymeráza, nemůže bohužel použít RNA genom SARS-CoV2 jako templát. Pro detekci COVID-19 pomocí PCR se k syntéze komplementárních kopií DNA (cDNA) genomu RNA používá reverzní transkriptáza (RT). Malé množství cDNA se smíchá s Taq polymerázou, dNTP a primery pro amplifikaci pomocí PCR. Protože je RT-PCR extrémně citlivá a dokáže detekovat velmi nízké hladiny viru, je považována za „zlatý standard“ pro detekci SARS-CoV-2. Protože se však testy RT-PCR provádějí v lékařské diagnostické laboratoři, může získání výsledků trvat několik dní, i když vlastní test trvá několik hodin.

Běžně používané testy RT-PCR kombinují tři sady primerů v jednom testu PCR, což je známé jako multiplexní PCR. První dvě sady primerů se zaměřují na oblasti N proteinu SARS-CoV-2. Jako vnitřní kontrola slouží třetí sada primerů, která amplifikuje lidský gen RNázu P (RP). Při kombinaci těchto tří sad primerů ve vzorku PCR vznikají fragmenty DNA o různé délce v závislosti na tom, zda je ve vzorku pacienta přítomen virus SARS-CoV-2.

K analýze namnožených vzorků DNA mohou vědci použít techniku zvanou elektroforéza v agarózovém gelu, která rozdělí molekuly DNA podle velikosti. Při elektroforéze se směs namnožených molekul DNA nanese do jamek v gelu a poté gelem prochází elektrický proud. Molekuly DNA putují v elektrickém poli ke kladné elektrodě, protože mají silný záporný náboj. Aby bylo možné molekuly rozdělít podle molekulové hmotnosti resp. délky molekul, je potřeba postavit jim do cesty jakési molekulární síto – agarózový gel. Na molekulární úrovni gel obsahuje malé kanálky, kterými může DNA procházet. Krátké molekuly DNA procházejí těmito otvory snadno, ale dlouhé molekuly DNA procházejí obtížněji. Protože se molekuly DNA s různou velikostí pohybují různou rychlostí, oddělují se a vytvářejí v gelu samostatné pruhy o stejné molekulové hmotnosti. Pruhy DNA je možné zviditelnit po skončení dělení pomocí vhodných barviv, vážících se na DNA.

Pracovní postup – návod

V této aktivitě si se studenty vyzkoušíme praktickou ukázkou molekulárního testování na COVID-19 pomocí elektroforetické analýzy DNA u simulovaných vzorků RT-PCR. Výuková sada již obsahuje hotové předpřipravené vzorky DNA, které budeme jednoduše analyzovat pomocí agarózové gelové elektroforézy.

Diagnózu stanovíme vyhodnocením elektroforézy vzorků. U pacientů, kteří byli infikováni virem, detekuje test virový genom i vnitřní kontrolu, což na gelu vede k vytvoření tří pruhů DNA (dva z genu SARS-CoV N a jeden z lidského kontrolního genu). Naproti tomu u pacienta, který nebyl infikován virem SARS-CoV-2, bude na gelu pouze jeden pruh DNA z vnitřní kontroly.

Modul 1 – Příprava agarózového gelu

Pro tento experiment budeme potřebovat 0,8 % agarózový gel s alespoň 6 jamkami, který si připravíme tímto postupem:

- Naředíme 50x koncentrovaný elektroforetický TAE pufr z výukové sady destilovanou vodou (standární složení 1x koncentrovaného TAE pufru je 40 mM Tris, 20 mM kyselina octová, 1 mM EDTA). Objem gelu pro systém EDGE™ s rozměry 7 x 10 cm je 45 ml. Směs na gel připravíme podle tabulky 1.

Tabulka 1. Komponenty pro přípravu agarózového gelu.

Množství 50x koncentrovaného pufru	Destilovaná voda	Navážka agarózy	Celkový objem gelu
0,9 ml	44,1 ml	0,36 g	45 ml

- Smícháme práškovou agarózu s naředěným pufrůvacím roztokem v 250 ml baňce (vznikne suspenze agarózy, obrázek 3 vlevo).
- Pro přípravu gelu musíme agarózu rozvařit v mikrovlnce, abychom získali úplně čirý roztok (obrázek 3 vpravo) bez opaleskujících zrn agarózy (obrázek 4). Směs proto opatrně povaříme v mikrovlnce po dobu 1 minuty. Poté opatrně vyjmeme baňku z mikrovlnné trouby a promícháme obsah pomalým otáčením bez vzniku bublin. Pokračujeme v zahřívání roztoku v 15 sekundových dávkách, dokud se agaróza zcela nerozpustí (roztok by měl být čirý jako voda).

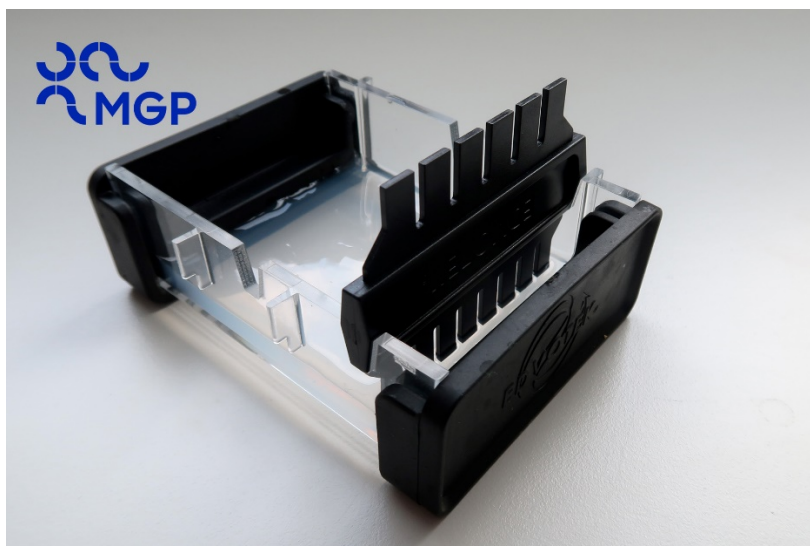


Obr. 3. Suspenze agarózy před a po rozvaření.



Obr. 4. Nedostatečně rozvařená agaróza. Správně připravená agaróza nesmí obsahovat ani stopy opaleskujících nerozvařených zrn.

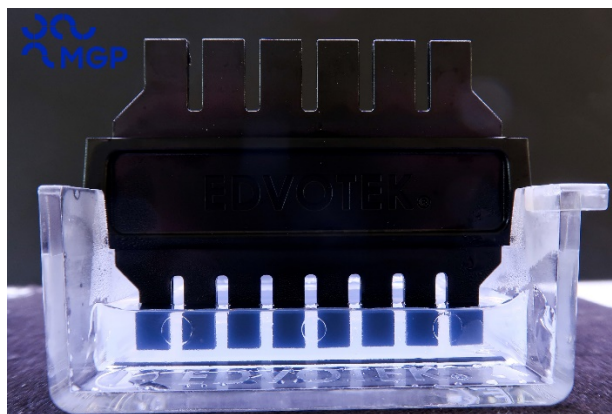
- Roztok agarózy necháme schladnout na cca 60 °C za občasného opatrného otáčení baňky bez vzniku bublin, tak aby byl podpořen rovnoměrný rozptýl tepla.
- Připravíme si tvořítko gelů a jeho konce utěsníme gumovými zarážkami.
- Rozvařenou agarózu opatrně nalejeme do tvořítko gelů.
- Do příslušného zářezu v tvořítku gelů ihned umístíme hřeben pro vytvoření jamek v gelu.



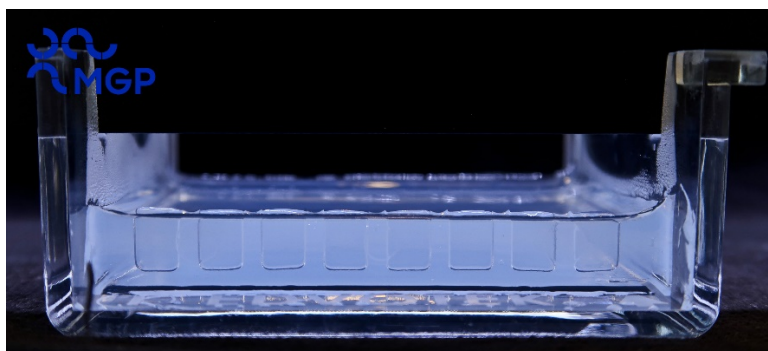
Obr. 5. Tvořítko gelů s koncovými zarážkami a zasunutým hřebenem.

- Gel poté necháme důkladně ztuhnout alespoň 20 minut, po ztuhnutí se stane méně průhledným.
- Odstraníme opatrně gumové zarážky a hřeben, dbáme zvýšené opatrnosti při vyjímání hřebene, aby nedošlo k poškození jamek či roztržení gelu při odstraňování zarážek.

Poznámka: hotový gel (či větší počet gelů) je možné pro úsporu času připravit i několik dní před experimentem a skladovat v lednici (pozor gel – nesmí vyschnout).



Obr. 6. Gel po odstranění koncových gumových zářezek.



Obr. 7. Po opatrném vytažení hřebene z gelu jsou dobře patrné jamky pro nanesení vzorků.

Modul 2 – Elektroforéza v agarózovém gelu

- Gel spolu s průhlednou podložkou tvořítka vložíme do komory elektroforézy EDGE™.
- Gel zalejeme ředěným pufrům (tabulka 2) tak, aby byl zcela ponořen. Teď již jamky nejsou tak dobře viditelné, při následném nanášení vzorků je potřeba dívat se na ně kolmo shora.

Tabulka 2. Komponenty pro přípravu agarózového gelu

Celkový objem pufru pro elektroforézu EDGE™	Množství 50× koncentrovaného pufru	Destilovaná voda
400 ml	8 ml	392 ml

- Nyní napipetujeme vzorky DNA tak, že propíchneme pipetovací špičkou fólii zkumavek QuickStrip™ a nabereme 35 µl vzorky. Každá zkumavka obsahuje předem alokovaný vzorek, označený A–F. Před pipetováním ze zkumavek je vhodné vzorky poklepáním dostat na dno zkumavek.



Obr. 7. Zkumavky QuickStrip™ obsahující vzorky DNA jsou překryty hliníkovou fólií. Jednotlivé sady osmi zkumavek pro samostatné experimenty lze jednoduše oddělit rozstřížením fólie nůžkami.

- Vzorky nanese do jamek v gelu tak, že pipetovací špičku ponoříme těsně nad jamku a necháme vzorek v modrém nanášecím pufru klesnout na dno jamky.



Obr. 8. Ukázka nanášení vzorku na gel. Pipetovací špičku musíme ponořit do pufru těsně nad jamku a vzorek pomalu vypustit do jamky. Vzhledem k vyšší hustotě vzorkového pufru klesá vzorek sám ke dnu jamky.

- Po nanesení všech vzorků spustíme elektroforézu: zavřeme oranžové víko elektroforézy EDGE™ a zapneme zdroj. Elektroforézu necháme běžet při nastaveném napětí 150 V po dobu cca 20 minut tak, aby modré barvivo ze vzorkového pufru doputovalo alespoň 3 cm od jamek.
- Po dokončení elektroforézy vyjmeme gel i s průhlednou podložkou z komory elektroforetické aparatury.

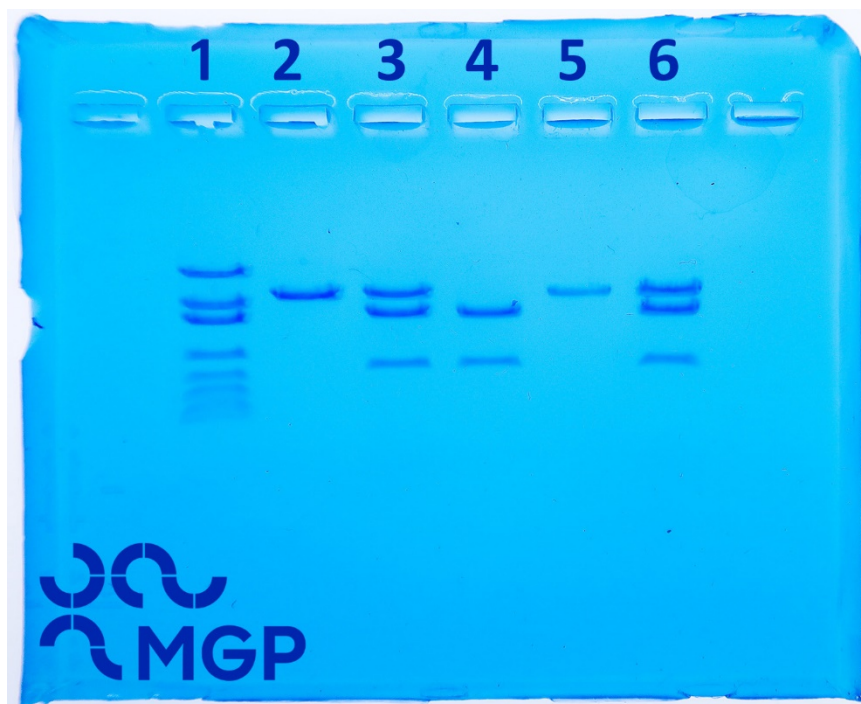
Modul 3 – Barvení gelu

- V baňce zředíme 10 ml koncentrované barvy FlashBlue™ s 90 ml vody a dobře promícháme.
- Gel opatrně přemístíme/vysuneme z podložky tvořítka do vhodné plastové misky.
- Gel překryjeme zředěným barvicím roztokem FlashBlue™ a barvíme po dobu 5 minut za občasného jemného promíchání. Barvení gelu po dobu delší než 5 minut bude vyžadovat delší čas na odbarvení.

- Poté odstraníme barvicí roztok (můžeme ho uchovat ve vhodné nádobce pro další použití) a zalejeme gel vodou (můžeme použít vodu z vodovodu). Gel odbarvujeme po dobu alespoň 20 minut s mírným promícháváním. Častá výměna vody urychlí odbarvení gelu.
- Nyní již můžeme pozorovat tmavě modré pruhy DNA na světle modrém pozadí gelu. Pro lepší pozorování je vhodné gel vyjmout z krabičky na vhodnou podložku, případně použít prosvětlovací pult s bílým světlem.

Modul 4 – Vyhodnocení výsledků testovaných pacientů

- Výsledkem je elektroforetický gel s celkem šesti drahami (obrázek 9 a tabulka 3).
- V první dráze je nanesen vzorek A, který slouží jako vnitřní kontrola (marker) a obsahuje směs molekul o známé molekulové hmotnosti (viz. Tabulku 3).
- Druhá dráha obsahuje vzorek B negativní kontroly s jedním pruhem. Zde byl pomocí PCR naklonován pouze úsek lidské DNA.
- Třetí dráha se vzorkem C obsahuje vzorek pozitivní kontroly. Zde byl pomocí PCR naklonován jak úsek lidské DNA, tak i dva úseky virového genu kódujícího nukleokapsidový protein N.
- Nyní již můžeme odhadnout, jaké jsou výsledky testů námi testovaných pacientů v dráhách 4 až 6. Pacient č. 1 ve čtvrté dráze má žel neurčitý test, takže by bylo nutné jeho vyšetření zopakovat. V jeho vzorku totiž chybí kontrolní pruh lidské DNA. Pacient č. 2 v páté dráze je negativní, protože ani citlivá metoda PCR neprokázala přítomnost viru v jeho vzorku. Naopak pacient č. 3. v šesté dráze má pozitivní test na SARS-CoV-2.



Obr. 9. Výsledný elektroforetický gel po odbarvení pozadí s dobře patrnými pruhy DNA.

Tabulka 3. Popis výsledků gelové elektroforézy

Dráha	Zkumavka QuickStrip™	Popis vzorky	Výsledek	Molekulová hmotnost (resp. délka molekul v bp)
1	A	Standardní marker DNA		6751, 3652, 2827, 1568, 1118, 825, 630
2	B	Negativní kontrola	Negativní (pouze lidská kontrola)	4282
3	C	Pozitivní kontrola	Pozitivní (lidské kontrolní a virové proteiny)	4282, 3000, 1282
4	D	Pacient č. 1	Neurčitý: opakujte test	3000, 1282
5	E	Pacient č. 2	Negativní na SARS-CoV-2	4282
6	F	Pacient č. 3	Pozitivní na SARS-CoV-2	4282, 3000, 1282

Propojení úlohy s Rámcovým vzdělávacím programem

Didaktická využitelnost úzce souvisí s předměty vzdělávací oblasti Člověk a příroda: Biologie, Chemie, Fyzika. Příklady témat souvisejících s předměty vzdělávací oblasti:

- fyzikální veličiny a jejich měření
- soustava fyzikálních veličin a jednotek – měření objemů kapalin
- jednoduché chemické výpočty a uplatnění při řešení praktických problémů
- směsi – suspenze, roztoky, složky roztoků
- kyselost zásaditost roztoků – náboj molekul
- vedení proudu v kapalinách – elektroforéza, využití Ohmova zákona
- složení a význam nukleových kyselin – DNA, RNA
- princip klonování DNA
- možnosti využití znalostí z oblasti genetiky a molekulární biologie v medicíně i v běžném životě
- UV záření – absorpce a působení na DNA
- biologie virů – viry jako nebuněčné soustavy, stavba a funkce virů
- způsoby ochrany proti virovým onemocněním a metody jejich molekulární diagnostiky a léčby

Literatura

- [1] *Věda do škol*, projekt společnosti M.G.P. [cit. 1. 12. 2024]. Dostupné online: <https://vedadoskol.mgp.cz/>

- [2] web společnosti EDVOTEK [cit. 1. 12. 2024]. Dostupné online:
<https://www.edvotek.com/>
- [3] zdroj obrázku Wikimedia Commons [cit. 1. 12. 2024]. Dostupné online:
https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:3D_medical_animation_coronavirus_structure.jpg#
- [4] Sample instructions for Nucleic Acid Testing for COVID-19 [cit. 1. 12. 2024]. Dostupné online: <https://www.edvotek.com/site/pdf/123.pdf>

Chyby při měření termokamerou

Vladislav Lang, Jan Šroub

NTC Západočeská univerzita v Plzni

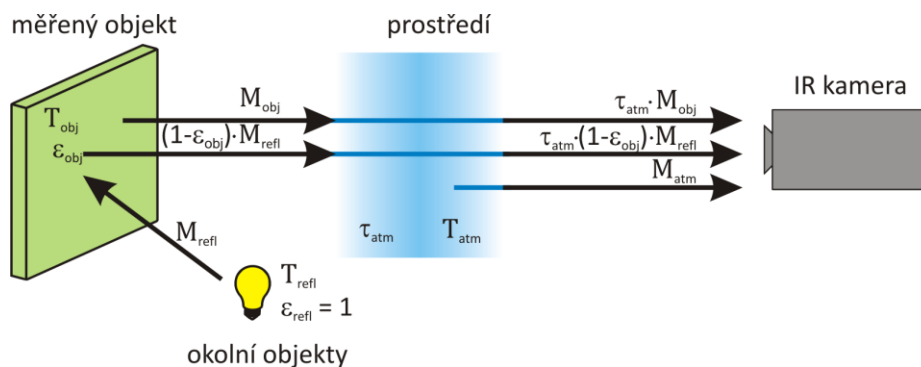
Abstrakt

V příspěvku jsou popsány základní chyby, se kterými se dříve nebo později setká každý, kdo používá pro stanovení teploty termokameru. Diskutovány jsou možnosti, jak se uvedeným chybám vyvarovat nebo alespoň jejich vliv na stanovenou teplotu významně omezit.

Trocha teorie na úvod

Termokamera je zařízení, které detekuje infračervené záření vyzařované objekty a převádí ho na obraz. Obraz může být černobílý či jakkoliv různě barevný, dle zvolené palety, kdy většinou tmavé odstíny/barvy znázorňují nejnižší intenzitu infračerveného záření z objektu a světlé odstíny/barvy naopak intenzitu nejvyšší. Většina termokamer v základním nastavení okamžitě zaznamenanou intenzitu převádí na teplotu a doplňuje zobrazení o barevnou škálu s definovanou minimální a maximální teplotou. Uživatel ve většině případů tak získá hezký obraz, který se podmanivě nabízí k okamžité akceptaci číselných údajů teploty objektů, na které je termokamera zaměřena.

Bohužel ale celková intenzita záření M_{tot} dopadající na detektor není rovna intenzitě záření vyzařovaného měřeným objektem M_{obj} , ale je součtem s dalšími intenzitami záření, jak je ukázáno na obr. 1.



Obr. 1. Schematické znázornění intenzit záření dopadajícího na detektor termokamery [1].

Celková intenzita infračerveného záření dopadajícího na detektor termokamery je tedy dána součtem jednotlivých intenzit zeslabených optickými parametry prostředí a optickými parametry měřeného objektu:

$$M_{tot} = \underbrace{\tau_{atm} \cdot M_{obj}}_1 + \underbrace{\tau_{atm} \cdot (1 - \varepsilon_{obj}) \cdot M_{refl}}_2 + \underbrace{M_{atm}}_3$$

Obr. 2. Rovnice celkové intenzity záření dopadajícího na detektor termokamery.

V tomto vztahu je M_{tot} celková intenzita záření na detektor ($W \cdot m^{-2}$), τ_{atm} je propustnost prostředí (-), M_{obj} je intenzita záření měřeného objektu ($W \cdot m^{-2}$), ε_{obj} je emisivita povrchu měřeného objektu (-), M_{refl} je intenzita záření okolních objektů ($W \cdot m^{-2}$) a M_{atm} je intenzita záření prostředí ($W \cdot m^{-2}$).

K podrobnějšímu popisu je rovnice na obr. 2. rozdělena na tři skupiny. Současně jsou zavedeny intenzity záření M s horním indexem ^{BB} (Black Body – černé těleso), tj. intenzity záření černého tělesa (BB), které má stejnou teplotu jako má povrch objektu (dolní index _{obj}), okolní objekty (dolní index _{refl}) a atmosféra (dolní index _{atm}):

- 1) záření pocházející z povrchu měřeného objektu zeslabené propustností prostředí τ_{atm} , vyzařování měřeného objektu je $M_{obj} = \varepsilon_{obj} \cdot M_{obj}^{BB}$,
- 2) záření okolních objektů/zdrojů $M_{refl} = \varepsilon_{refl} \cdot M_{refl}^{BB}$, většinou je uvažováno $\varepsilon_{refl} = 1$, odražené od měřeného objektu, odrazivost objektu $\rho_{obj} = 1 - \varepsilon_{obj}$, je rovněž zeslabené propustností prostředí τ_{atm} ,
- 3) záření prostředí (atmosféry) $M_{atm} = \varepsilon_{atm} \cdot M_{atm}^{BB}$, uvažujeme $\varepsilon_{atm} = 1 - \tau_{atm}$.

Dosažením výše uvedených vztahů se rovnice na obr. 2. upraví na tvar:

$$M_{tot} = \tau_{atm} \cdot \varepsilon_{obj} \cdot M_{obj}^{BB} + \tau_{atm} \cdot (1 - \varepsilon_{obj}) \cdot \varepsilon_{refl} \cdot M_{refl}^{BB} + (1 - \tau_{atm}) \cdot M_{atm}^{BB}$$

Obr. 3. Upravená rovnice celkové intenzity záření dopadajícího na detektor termokamery.

Parametry ovlivňující celkovou intenzitu záření na detektor, které pro vyhodnocení teploty povrchu objektu T_{obj} , kde $M_{obj}^{BB} \propto T_{obj}^4$, musíme znát, jsou tedy:

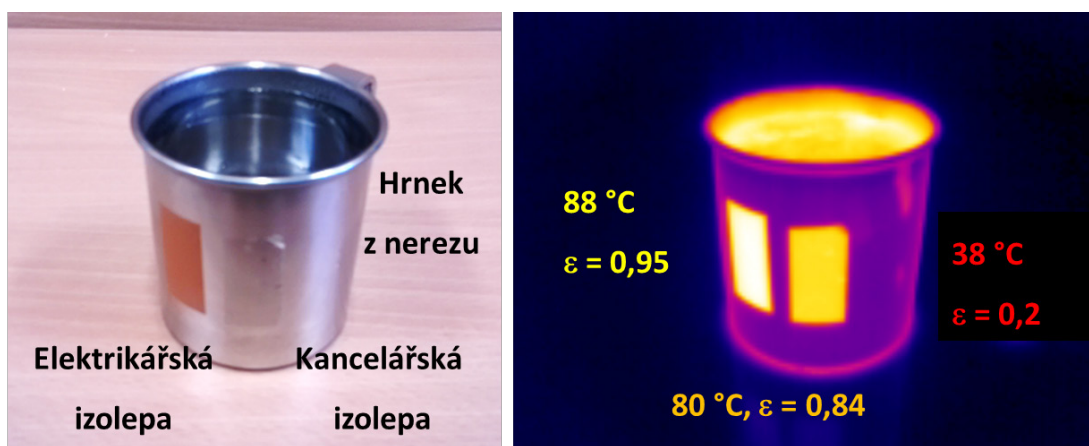
- emisivita měřeného objektu ε_{obj} ,
- teplota okolních objektů T_{refl} , neboť $M_{refl}^{BB} \propto T_{refl}^4$, a emisivita okolních objektů ε_{refl} (uvažujeme $\varepsilon_{refl} = 1$),
- teplota prostředí T_{atm} , neboť $M_{atm}^{BB} \propto T_{atm}^4$, a propustnost prostředí τ_{atm} , která je dána vzdáleností objektu od detektoru a zejména vlhkostí prostředí.

Vliv měřeného objektu, okolních objektů a prostředí

Jak je uvedeno v předchozí kapitole, celkovou intenzitu infračerveného záření dopadajícího na detektor termokamery ovlivňují emisivita měřeného objektu, teplota okolních objektů, teplota a propustnost prostředí.

Vliv emisivity měřeného povrchu

Emisivita je optická vlastnost materiálu, která vyjadřuje, jak efektivně materiál vyzařuje energii ve formě záření, vyjadřuje se jako poměr vyzářené energie objektem k energii vyzářené černým tělesem (BB – Black Body), které má stejnou teplotu jako objekt. Emisivita může tak nabývat hodnot od 0 do 1; hodnota 0 znamená, že materiál nevyzařuje žádné záření, hodnota 1 znamená, že materiál vyzařuje jako černé těleso, tj. maximální možnou energii při dané teplotě podle Stefan-Boltzmannova zákona.



Obr. 4. Rovnice celkové intenzity záření na detektor termokamery.

Emisivita je nejvýznamnějším parametrem zadávaným uživatelem do softwaru termokamery pro správné vyhodnocení teploty měřeného objektu. Co v praxi znamená chybně zvolená emisivita je ukázáno na obr. 4., kde je nerezový hrnek, na kterém jsou nalepeny proužky elektrikářské a kancelářské izolepy a do kterého byla nalita voda o teplotě 90 °C, v termokameře je nastavena emisivita 0,95. Vzhledem k zanedbatelným tloušťkám izolep můžeme tvrdit, že na celém obvodu hrnku je stejná teplota, blízká teplotě nalité vody, tj. 90 °C. Na termogramu tomu ale tak není, nerezový povrch má zdánlivou teplotu 38 °C, kancelářská izolepa 80 °C a elektrikářská izolepa 88 °C. Uvedené rozdílné hodnoty jsou způsobeny rozdílnými hodnotami emisivit pro dané materiály. Kovy mají obecně hodnoty emisivit 0,2 a nižší (např. měď má emisivitu blízkou nule a je tedy téměř dokonalé infračervené zrcadlo), izolepy oproti tomu mají hodnotu emisivity vysokou (0,95 pro elektrikářskou, respektive 0,84 pro kancelářskou izolepu), stanovená teplota je tak již velmi blízká teplotě reálné. Tabulka emisivit běžných materiálů je uvedena například v „Glosáři základních pojmů“, který je možné si stáhnout na [2].

Ve většině termokamer lze samozřejmě hodnotu emisivity nastavit v celém jejím rozsahu a měřit tak dobře i kovové povrchy, bohužel nízká hodnota emisivity povrchu objektu znamená vysokou hodnotu odrazivosti, tj. významnou částí celkové intenzity záření dopadající na detektor termokamery se stává intenzita záření okolních objektů, kterou je pak nezbytné velmi dobře stanovit. Snadnější je tak zvýšit emisivitu povrchu buď vhodnou lepenkou (i kancelářská izolepa je pro hrubé měření dostačující) nebo barvou, záleží i na teplotě objektu, aby se například nepoškozovala/nedegradovala.

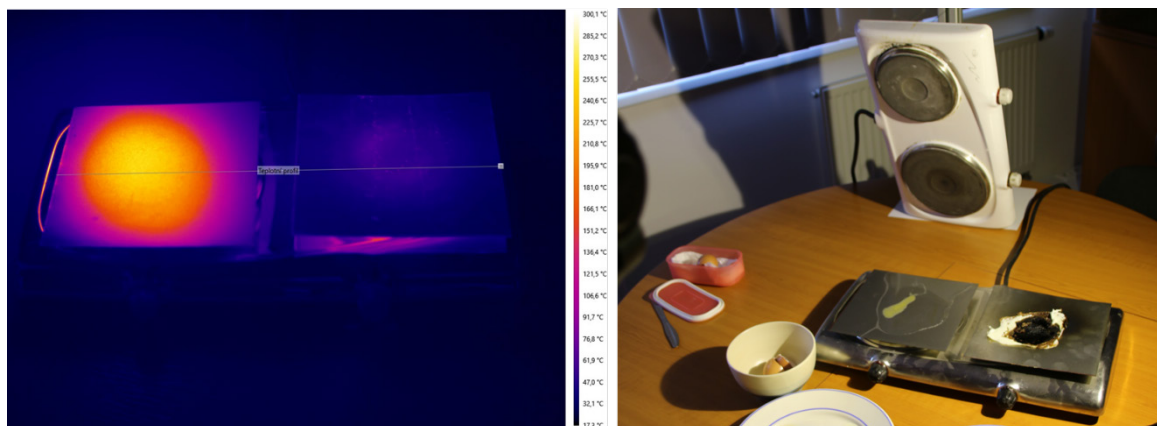
Vliv zdánlivé odražené teploty

Zdánlivá odražená teplota (background temperature) je termín používaný v termografii. Je definován jako teplota, kterou by měl objekt, kdyby vyzařoval stejné množství infračerveného záření jako je skutečné množství záření dopadající na povrch měřeného objektu z okolních objektů a které je povrchem měřeného objektu odražené směrem k termokameře.

Hodnotu zdánlivé odražené teploty lze též ve většině termokamer zadat, nejdříve je nutné ji ale stanovit. K jejímu stanovení lze použít přímou nebo nepřímou metodu, podrobněji jsou popsány v normě ČSN ISO 18434-1 [3].

Vliv zdánlivé odražené teploty je prezentován na úloze stanovení teploty plotýnek elektrického vaříče. Na elektrickém dvouplotýnkovém vaříči jsou umístěny dvě stejné „pánvičky“, v našem případě byly použity dva obyčejné čtvercové ocelové plechy, jedna z plotýnek byla zapnuta, druhá ne. Po chvíli se termokamerou změřila teplota obou plotýnek, získaný termogram je ukázán na obr. 5. Teplota plotýnek je ověřena klepnutím vajíček, přestože se ke smažení vajíček jeví připravená levá plotýnka, neboť pravá plotýnka má podle měření pokojovou teplotu, je po nalití vajíček na plotýnky pozorováno, že na levé plotýnce se nic neděje, kdežto na pravé studené plotýnce se vajíčko začíná okamžitě smažit.

Tento nesoulad mezi očekáváním a skutečností je způsoben dvěma vlivy. První je výše zmíněný vliv emisivity, kdy, jak bylo uváděno, kovové předměty mají nízkou emisivitu, a tedy je-li na termokameře nastavená hodnota 1, jeví se nám teplota plechu (zdánlivá teplota) na pravé plotýnce jen okolo 50 °C. Oproti tomu na levé plotýnce se uplatňuje vliv zdánlivé odražené teploty, kdy plech mající nízkou emisivitu má tedy vysokou odrazivost (součet odrazivosti a emisivity je roven 1) a velmi dobře tak odráží záření zapnuté horní plotýnky druhého vaříče, jenž je postaven u prvního vaříče tak, aby odražené záření šlo přímo do objektivu termokamery, obr. 5. Video z pokusu je dostupné na [4].



Obr. 5. Vliv zdánlivé odražené teploty.

Při každém měření termokamerou je vhodné si prohlédnout okolí měřeného objektu, zda se v něm nenachází intenzivní zdroj infračerveného záření. Velmi významné je to zejména, pokud má povrch měřeného objektu nízkou hodnotu emisivity. Je-li intenzivní zdroj infračerveného záření v okolí přítomen, je vhodné po dobu měření vložit mezi něj a měřený objekt překážku nebo zvýšit hodnotu emisivity měřeného objektu barvou či lepenkou (význam zdánlivé odražené teploty pak klesne). Samozřejmě pokud chceme měřit přesně, tak si zdánlivou odraženou teplotu stanovíme dle postupů uvedených v normě ČSN ISO 18434-1 [3] a získanou hodnotu zadáme do softwaru termokamery.

Je třeba mít na paměti, že při měření teplot blízkých teplotě člověka se i přihlížející studenti či sám pedagog provádějící měření mohou stát zdrojem zdánlivé odražené teploty.

Vliv prostředí

Vliv prostředí zahrnuje zejména vliv propustnosti a teploty prostředí nacházejícího se mezi měřeným objektem a termokamerou. Propustnost prostředí je stejně jako emisivita

a odrazivost bezrozměrná veličina nabývající hodnoty od 0 do 1, kde hodnota 0 znamená, že prostředí či objekt jsou pro záření nepropustné, zatímco hodnota 1 znamená, že záření prochází prostředím či objektem bez ztráty intenzity. V praxi se vliv propustnosti, pomineme-li například okénka do aparatur, týká zejména vlivu vlhkosti atmosféry, neboť voda má v části spektra vlnových délek termokamer absorpční pásy [5] a významně tak snižuje intenzitu procházejícího infračerveného záření.

Vliv propustnosti prostředí lze ukázat na pokusu měření teploty Měsíce [1]. Pro vyhodnocení povrchové teploty, aby byla rovna skutečné, musela být zadána propustnost atmosféry 0,6. Vzhledem k tomu, že měření teploty bylo uskutečněno na vzdálenost přibližně 384 000 km a skrz celou atmosféru Země, lze konstatovat, že pro běžné experimenty realizované ve třídě, případně venku ve vzdálenosti jednotek až desítek metrů, není nutné se propustností prostředí zabývat, pokud tedy nebude přímo pršet, sněžit či nebude mlha.

U některých termokamer se nezadáva propustnost prostředí, ale jeho relativní vlhkost, teplota a vzdálenost měřeného objektu od termokamery, softwaru termokamery propustnost prostředí z uvedených dat dopočtou.

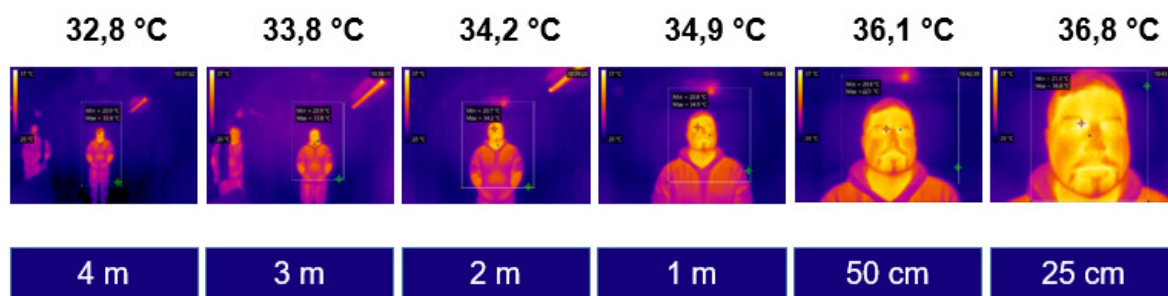
Vliv uspořádání

Výše uvedené vlivy jsou čistě fyzikální podstaty, vlivy, které jsou následně uvedeny, se týkají vlivu použité termokamery a jejího nastavení.

Vliv velikosti objektu v zorném poli

Konstrukce termokamery je identická s konstrukcí klasického fotoaparátu. Jedním z parametrů je tak rozlišení udávané v pixelech v obou osách, např: 160 × 120 px. Termokamery na rozdíl od fotoaparátu v mobilech nedisponují desítkami Mpx, ale spíše desítkami až stovkami kpx a ty nejlepší maximálně jednotkami Mpx. Důsledkem je, že při měření malých objektů, je potřeba si spočítat projekci pixelů detektoru na měřený objekt (tj. vzít v úvahu vzdálenost objektu, počet pixelů detektoru a úhel objektivu) tak, aby objekt zaujímal plochu minimálně 3 × 3 px, raději však 20 × 20 px.

Vliv velikosti objektu v zorném poli je ukázán na obr. 6., kde se vyhodnocuje maximální teplota člověka v různých vzdálenostech od termokamery TIMI EDU. Z termogramů je patrné, že se snižující se vzdáleností se maximální teplota zvyšuje, zároveň je vidět, že automatické hledání maxima identifikuje jako nejteplejší místo na obličeji prostor mezi koutkem oka a kořenem nosu, což je skutečně nejteplejší místo na obličeji zdravého člověka a toto místo je jediné vhodné pro měření teploty člověka pomocí termokamery [6]; bohužel jeho rozměr je v řádu milimetrů čtverečních. Dokud tato oblast nezaujímá větší počet pixelů, je vyhodnocovaná teplota nižší než skutečná.



Obr. 6. Vliv velikosti objektu v zorném poli.

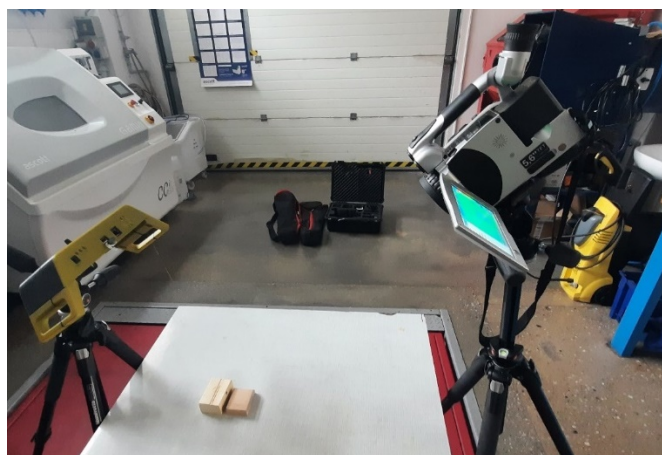
Ponaučení z uvedeného je, že při každém měření by měl měřený objekt zaujímat co nejvíce pixelů, tj. je potřeba se přiblížit s termokamerou co nejblíže k měřenému objektu (samozřejmě přitom ale nepřekračovat bezpečnou vzdálenost danou povahou pokusu).

Vliv pohybu objektu

Dalším z parametrů termokamery majícím výrazný vliv na vyhodnocenou teplotu objektu je frekvence záznamu. Levnější typy mají frekvenci záznamu 9 Hz. Hodnota je dána tím, že termokamery s touto frekvencí nepodléhají přísnějším legislativním regulacím (zejména případného vývozu) a lze je masově prodávat, pro frekvence vyšší by měl prodejce po kupci požadovat vyplnění údajů o účelu a místě konečného užití a až pak termokameru případně prodat (uvedené se týká západních výrobců termokamer, s čínskými výrobci zkušeností nedisponujeme).

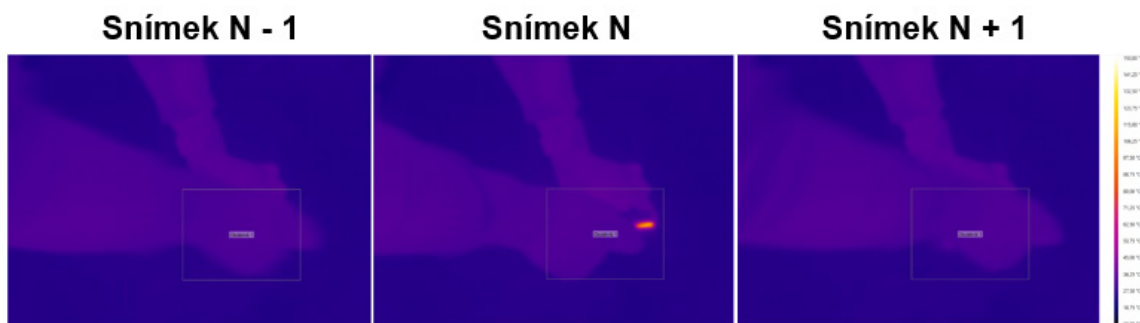
Jestliže se objekt pohybuje vyšší rychlostí (mávnutí ruky), projeví se to rozmáznutím záznamu a hlavně nesprávně vyhodnocenou teplotou objektu.

Uvedený vliv lze prezentovat na pokusu „Zapalte dřevo“. Zadán je úkol třít o sebe dva dřevěné špalíky až do „vzplanutí“ a současně měřit termokamerou jejich teplotu. K měření byly použity dvě různé termokamery, TIMI EDU (rozlíšení 160 × 120 px a frekvence záznamu 9 Hz) a VarioCAM HD (InfraTEC) (rozlíšení 1024 × 768 px a frekvence záznamu 30 Hz). Emisivita byla nastavena na hodnotu 0,95, propustnost prostředí na 1, zdánlivá odražená teplota (background temperature) 22 °C. Uspořádání pokusu je na obr. 7.



Obr. 7. Uspořádání pokusu „Zapalte dřevo“.

Dva dřevěné špalíky byly o sebe třeny tak, že se hrana vrchního tvrdého dřeva pohybovala ve vytvořené drážce ve spodním měkkém dřevě. Tři po sobě jdoucí termogramy z termokamery TIMI EDU jsou ukázány na obr. 8. Na snímku N je vidět část zahřáté drážky, avšak na snímcích N+1 a N-1 již v důsledku pohybu ruky se špalíkem nikoliv.



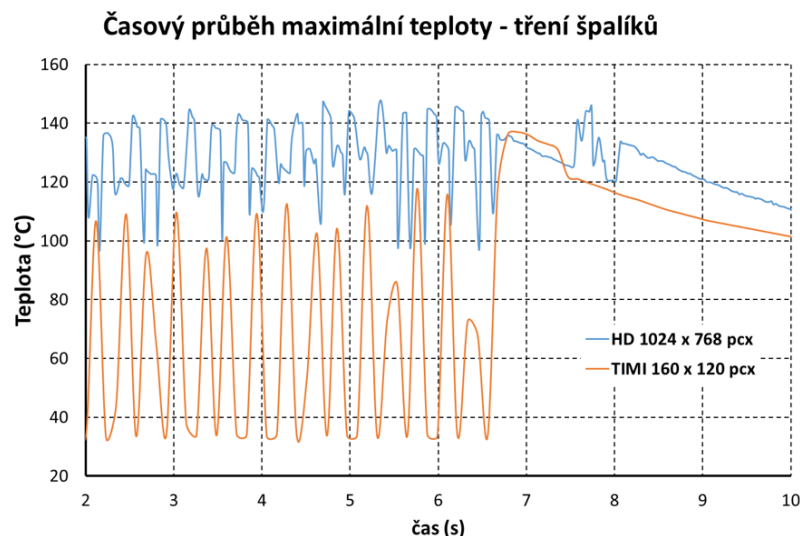
Obr. 8. Termogramy z termokamery TIMI EDU.

Oproti tomu na třech po sobě jdoucích termogramech získaných termokamerou VarioCAM HD je zahřátá drážka vidět vždy (obr. 9.).



Obr. 9. Termogramy z termokamery VarioCAM HD

Záznamy z obou termokamer byly vyhodnoceny v softwaru LabIR [7], vyhodnocovala se maximální teplota ze zvolené oblasti, exportovaná data byla následně zpracována v Excelu.



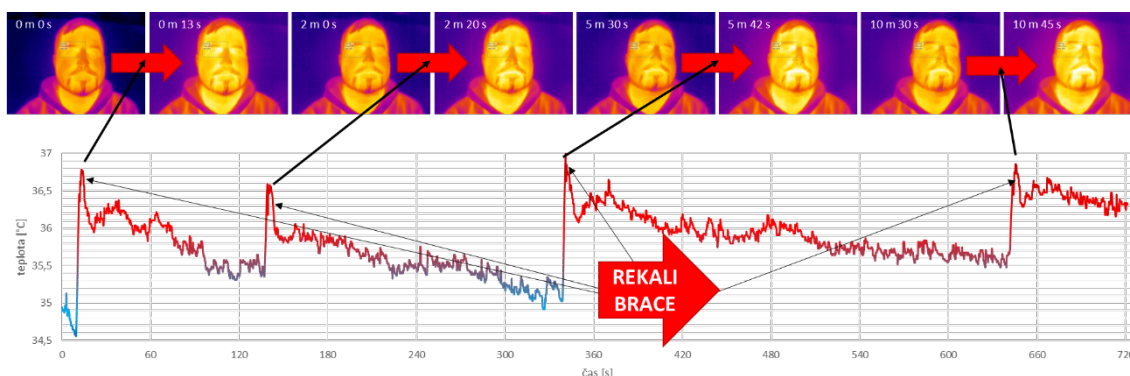
Obr. 10. Časový průběh maximálních teplot v definovaných oblastech

Na obr. 10. jsou časové průběhy maximálních hodnot v definovaných oblastech pro každou termokameru. Maximální hodnoty maxim v průběhu tření jsou u termokamery TIMI EDU o přibližně 40 °C nižší v porovnání s hodnotami naměřenými termokamerou VarioCAM HD, kde maxima dosahují hodnoty 140 °C, oproti 100 až 110 °C u TIMI EDU. Naměřená teplota po ukončení aktivity a položení špalíků na stůl je téměř totožná, ve fázi chladnutí je rozdíl mezi kamerami do 10 °C, což je dáno počtem pixelů na drážku, který je u kamery TIMI EDU několikanásobně nižší. Při prostém odečtu rozdílu vyhodnocených teplot z fáze chladnutí je rozdíl teplot způsobený nižší vzorkovací frekvencí u kamery TIMI EDU v aktivní části pokusu přibližně 30 °C.

Ponaučení z uvedeného je, že při měření pohybujících se objektů, je vhodné použít termokameru s dostatečnou vzorkovací frekvencí, je-li to možné. Není-li k dispozici, pak počítat s tím, že vyhodnocená teplota objektu bude pravděpodobně i o několik desítek stupňů nižší/vyšší v porovnání se skutečnou teplotou. Příklad, kdy bude vyhodnocená teplota termokamerou nižší, než skutečná je popsán uvedeným experimentem. Příklad, kdy bude naopak vyhodnocená teplota vyšší, než skutečná nastane tehdy, když pohybující se měřený objekt či jeho část bude mít teplotu nižší než ostatní objekty či části měřeného objektu, které jsou v obraze termokamery.

Vliv recalibrace termokamery (FFC)

Recalibrace termokamery (FFC – Flat Field Correction) je proces, kdy je do optické cesty, před nebo i za objektiv termokamery, vložena na krátký okamžik (maximálně jednotky sekund) clonka, která je u většiny termokamer jejich součástí. Tento proces slouží k homogenizaci čipu termokamery a ke korekci měřené teploty, neboť clonka plně svým tělem uzavře optickou cestu. Je-li optická cesta uzavřena clonkou, čip termokamery „vidí“ jen ji a zároveň zná skrze teplotní čidlo umístěné v prostoru clonky její teplotu. Každý pixel je tak v okamžiku recalibrace nastaven na její teplotu. Jak se uvedený proces projeví na měřených teplotách, je ukázáno na obr. 11. Červená šipka propojuje termogram před s termogramem ihned po recalibraci. Vyhodnocována byla maximální teplota na obličeji člověka, tj. u koutku oka. Použita byla termokamera TIMI EDU.



Obr. 11. Ukázka vlivu recalibrace termokamery

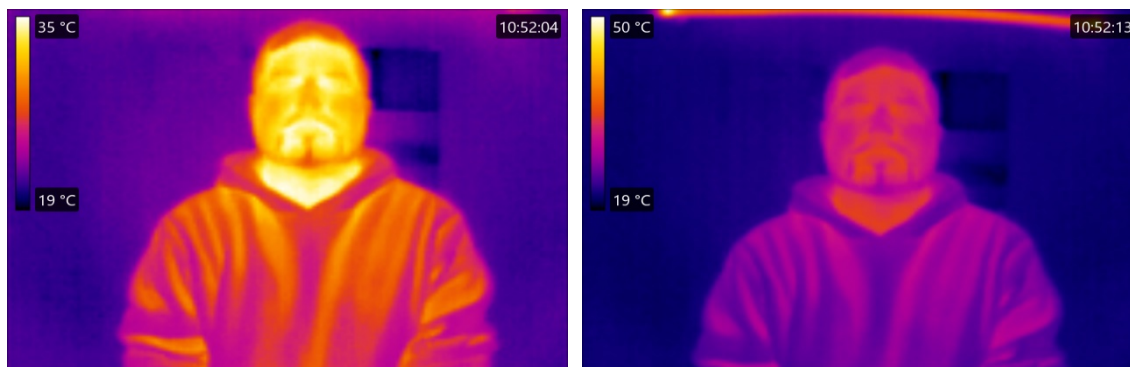
Průběh naměřené maximální teploty začíná v okamžiku zapnutí termokamery. Na počátku se čip termokamery ohřívá a recalibrace proto probíhá po kratší době, zároveň je vidět, že vliv ohřevu čipu termokamery způsobuje rychlejší pokles vyhodnocované teploty. Postupně, jak se ustaluje teplota čipu, prodlužuje se doba mezi jednotlivými

rekalibracemi a i změna teploty v rámci jedné recalibrace není tak výrazná. O ustálení teploty čipu je možné hovořit až po minimálně 10 minutách.

Ponaučení z uvedeného je, že recalibrace zajišťuje správné fungování termokamery, musí se tedy tolerovat. Pokud chceme měřit přesně, pak při každém zapnutí nebo změně teploty prostředí, ve kterém termokamera je, je vhodné minimálně 15 minut nechat termokameru v zapnutém stavu a až pak provádět měření. Na druhou stranu, při řešení školních úloh, a zejména pokud měříme v budově školy, kdy se jen porovnává rozložení teploty, je možné využívat termokameru hned a není nutné čekat uvedených 15 minut.

Vliv fixace stupnice a vliv pozadí

Většina termokamer má při zapnutí nastavenou dynamickou teplotní stupnici, to znamená, že minimální a maximální hodnota stupnice se průběžně mění dle maximální a minimální teploty objektů ve snímané scéně. Výhoda tohoto nastavení je v tom, že všechny objekty jsou termokamerou dobře viditelné. Nevýhoda tohoto nastavení se ale projeví, když je potřeba sledovat změnu teploty objektu v čase či vůči jinému objektu v řádu desetin, maximálně jednotek, stupňů Celsia - pokud je rozdíl mezi minimem a maximem teplotní stupnice termokamery deset a více stupňů, jsou uvedené malé rozdíly neviditelné, viz srovnání termogramů na obr. 12. Na levém termogramu na obrázku je nastavena minimální/resp. maximální hodnota teplotní stupnice na hodnotu 19 °C/resp. 35 °C, což umožňuje detailněji rozlišit rozložení teploty na obličeji osoby oproti pravému termogramu, kde je minimální/resp. maximální hodnota stupnice 19 °C/resp. 50 °C.



Obr. 12. Ukázka vlivu fixace stupnice a vlivu pozadí

Někdy je možné dosáhnout vhodného intervalu stupnice jen pozměněním scény, kterou termokamera snímá. Pravý termogram má velký interval teplotní stupnice proto, že v horní části scény je také zářivka, která má výrazně vyšší teplotu než obličej člověka – v tomto případě tedy stačí zamířit termokameru jen o několik centimetrů níže, aby se zářivka dostala mimo scénu, a problém je vyřešen. Pokud toto není možné, většina termokamer umožňuje nastavit fixní rozsah stupnice, který uvedený problém plně řeší.

Ponaučení z uvedeného je, že pokud je to možné, je vhodné volit scénu sklonem či pohybem kamery tak, aby byl stále vidět objekt zájmu, ale ne objekty s výrazně vyšší či nižší teplotou, případně fixně nastavit minimum a maximum teplotní stupnice.

Závěr

Nejvýznamnější vliv při měření termokamerou má emisivita měřeného objektu. Většina běžných materiálů kolem nás a včetně nás má vysokou hodnotu emisivity (0,9 a více). Kovy mají hodnotu emisivity malou (0,1 a méně). Hodnotu emisivity lze v termokameře nastavit, vhodnější, i s ohledem na vliv zdánlivé odražené teploty, je ale emisivitu povrchu zvýšit například nátěrem, nástřikem nebo nalepením izolepy o známé hodnotě emisivity. Teplotu objektu pak vyhodnocovat z takto upravené plochy.

Vliv propustnosti atmosféry v interiéru školy lze zanedbat.

Měřený objekt by měl co nejvíce vyplňovat zorné pole termokamery.

Při měření rychlých dějů se většinou vyhodnotí teplota nižší než skutečná, měří-li se objekt s teplotou vyšší než mají ostatní objekty ve scéně. Teplota vyšší než skutečná se vyhodnotí v případě, když se měří objekt s teplotou nižší, než mají ostatní snímané objekty.

Je-li ve snímané scéně objekt s výrazně vyšší nebo nižší teplotou než objekt zájmu, je vhodné úhlem pohledu termokamery tento rušivý objekt ze scény odstranit. Není-li to možné, je doporučeno nastavit si pevný rozsah teplotní stupnice. Lze tak sledovat i malé změny v teplotě měřeného objektu.

Vyhodnocuje-li se minimální nebo maximální teplota měřeného objektu, je vhodné použít plošnou analýzu s nalezením minimální/maximální teploty v ní. Bodovou analýzou se většinou nepodaří najít skutečné minimum/maximum teploty ve snímané scéně.

Je-li požadavek měřit přesně, je nutné nechat termokameru alespoň 15 minut v zapnutém stavu temperovat v daném prostředí.

Rekalibrace termokamery je její proces, který, byť někdy působí rušivě, se musí akceptovat.

Literatura

- [1] LANG, Vladislav. *Jak změřit teplotu Měsíce?* In: Sborník konference LabIR EDU 2023. Ed.: Ján Šikula, Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň 2024. ISBN 978-80-261-1208-2. [cit. 30. 11. 2024]. Dostupné online: https://edu.labir.cz/wp-content/uploads/2024/05/LabIR-Edu_sbornik_2023-FINAL-online.pdf.
- [2] JÁCHIM, Jan; LANG, Vladislav a kol. *Glosář základních pojmů*. Online In: LabIR EDU 30. 11. 2023. [cit. 30. 11. 2024]. Dostupné online: <https://edu.labir.cz/obsah/glosar/>.
- [3] ČSN ISO 18434-1 (011465):2009. *Monitorování stavu a diagnostika strojů - Termografie - Část 1: Všeobecné postupy*.
- [4] Kolektiv NTC ZČU v Plzni. *Smažení vajíček*. Online In: LabIR EDU 30. 11. 2023. [cit. 30. 11. 2024]. Dostupné online: <https://edu.labir.cz/experiment/smazeni-vajicek/>.
- [5] THOMAS, M. E. *Infrared and millimeter-wavelength absorption by atmospheric water vapour*. Johns Hopkin s APL Technical Digest, Volume 8, Number 4 (1987) p. 363-369. [cit. 30. 11. 2024]. Dostupné online: <https://secwww.jhuapl.edu/techdigest/Content/techdigest/pdf/V08-N04/08-04-Thomas.pdf>.

- [6] ISO 80601-2-56:2017. *Medical electrical equipment-Part 2-56: Particular requirements for basic safety and essential performance of clinical thermometers for body temperature measurement.*
- [7] SKÁLA, Jiří. *Software LabIR*. Verze 1.3. Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň 2022. [cit. 30. 11. 2024]. Dostupné online: <https://edu.labir.cz/obsah/software/vyhodnocovaci-software/>.

Poznámka editora: Příspěvek byl zveřejněn ve sborníku Elixír nápadů pro školní rok 4 (ISBN 978-80-7378-516-1), dostupném z: <https://www.elixirdoskol.cz/vydavame-pro-vas/>. Vzhledem k tomu, že dílna se věnovala stejné aktivitě, přetiskujeme sem pro pohodlí čtenářů původní příspěvek.

Lyžař–robot

Kateřina Lipertová

RC Plzeň, Církevní gymnázium Plzeň

Proč lyžař?

Moc ráda se věnuji s dětmi výrobě různých hejblat, těch na kliku i těch s motorkem. Jako „přípravu na hodinu“ jsem si už vyrobila kromě jiného několik chodících robotů (walking robots), ale většinou byla výroba natolik složitá, že by ji většina dětí nezvládla. Pak jsem ale narazila na video [1] s lyžujícím robotem, kde je stabilita při pohybu řešena mnohem jednodušším způsobem, a byla to „láskava na první pohled“. Raději předesílám, že ani v tomto případě není výroba nijak snadná, rozhodně ne pro malé děti. Ale už moji sekundáni s trochou dopomoci vše zvládli (obr. 1). Nejinak tomu bylo i během setkání plzeňského Elixíru (obr. 2). Ostatně prohlídkou naší elixírové galerie z výroby [2] určitě začnete. Obsahuje nejen fotky, ale také řadu videí pádících i padajících lyžařů.



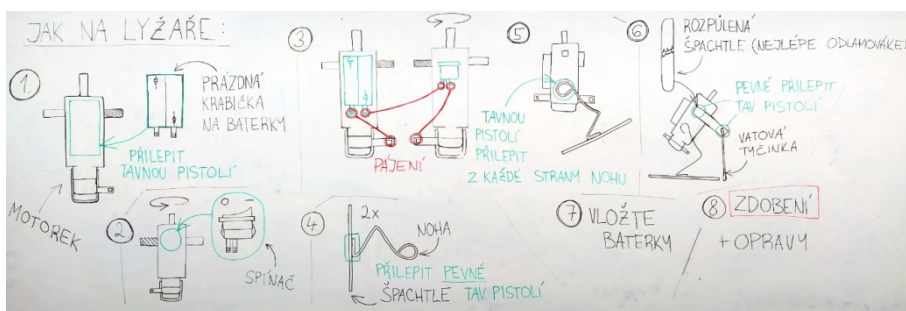
Obr. 1. Lyžař, Letní fyzikální týden CG Plzeň 2023.

Výroba je dobře zdokumentována ve výše uvedeném videu [1]. Přidám k němu sadu doporučení, na co dát při výrobě pozor a jak případně nahradit některé komponenty jinými, dostupnějšími. I některé kroky výroby děláme v jiném pořadí.



Obr. 2. Lyžaři, setkání Elixíru do škol, RC Plzeň 2024.

Během Letního fyzikálního týdne CG Plzeň i během setkání Elixíru se mnou tuto aktivitu lektorovali moji septimáni a septimánky. Amálka Denková, jedna ze septimánek, si jako názornou pomůcku pro výrobu připravila tabuli s rozkreslenými kroky výroby (obr. 3) a ta se pro svou přehlednost osvědčila natolik, že ji zde nabízím místo tradičního fotonávodu.



Obr. 3. Kreslený návod na výrobu lyžaře-roboty, autorka Amálka Denková.

Co je k výrobě potřeba?

- motorek s převodovkou [3]
- 2 baterie AA
- držák na 2 baterie AA [4]
- přepínač kolébkový [5], nebo jakýkoli jiný vhodný
- drátek tenký měděný (např. ze síťového UTP 5)
- pevný drát na nohy
- tavná pistole s náplní
- kleště
- dřevěné špachtle (150×20 mm)
- odlamovací nůž a nůžky
- páječka a pájecí cín
- vatové tyčinky
- vatová kulička-hlava
- materiál na zdobení: fixy, filc, chlupaté dráty, nalepovací oči atd.

Výrobní kroky (a na co si dát pozor)

Číslování odpovídá výše uvedené tabuli s kresleným návodem (obr. 3).

- 4) Na motorek přilepíme pomocí tavné pistole držák na dvě baterie AA.
Tento krok oproti videu [1] děláme jako první. Lepí-li se držák baterie a připájený spínač až nakonec, často se ulomí pracně přilepené ruce, či nohy.
- 5) Na motorek přilepíme z druhé strany spínač.
Opět oproti videu napřed lepíme a pak teprve připájíme drátky.
- 6) Podle obr. 3 připájíme tři drátky, čímž spojíme motorek, baterie a spínač.
- 7) Z pevného drátu pomocí kleští vytvarujeme dvě nohy. Pomocí tavné pistole je přilepíme na špachtle-lyže. Oproti videu používáme drát, nikoli ohnutou trubičku. Lépe se s ním pracuje a na koncích drátu můžeme vytvarovat očka, která zaručí při následném lepení větší styčnou plochu, a tedy větší pevnost spoje. Drát musí být opravdu pevný, těžko se proto ohýbá. Nohy můžeme případně menším dětem připravit jako polotovar.
- 8) Nohy přilepíme pomocí tavné pistole k motorku.
- 9) Další špachtli rozpůlíme pomocí odlamovacího nože. Získáme tak dvě ruce, které velmi pevně přilepíme k převodům motorku. K rukám přilepíme vatové tyčinky jako lyžařské hůlky. Dáme pozor, aby hůlky mířily těsně vedle lyží, ne na ně.
- 10) Do držáku baterií vložíme baterie.
- 11) K motorku přilepíme vatovou kuličku-hlavu a pustíme se do závěrečného zdobení.
Fantazii se meze nekladou. Máme i jednoho lyžaře bez hlavy, prý tak vypadá víc jako drsňák. Přilepujeme oči, dokreslujeme úsměvy, šijeme čepičky, lepíme bambule, čechráme účesy, pleteme šály, stříháme šátky, drátěné nohy obmotáváme chlupatým drátem (obr. 4–9).



Obr. 4–9. Lyžaři, Letní fyzikální týden CG 2023.

12) A doladujeme.

Stejně jako u ostatních hejblat s motorkem vítězí ten, kdo pracoval precizně a symetricky. Nohy musí být stejně dlouhé, stejně ohnuté, hůlky ani moc dlouhé, ani moc krátké, lyžař nesmí být nakloněn ke straně. Ostatně při první testovací jízdě se všechny „neduhy“ okamžitě vyvalí a škodí...

Naštěstí se dají nohy případně dorovnat, hůlky zkrátit, či přelepit, tělo trochu nahnout apod.

Pokud je lyžař příliš zběsilý, přilepíme mu dopředu na lyže nějakou malou zátěž.

13) Najdeme vhodnou „sněhovou pláň“ a jedeme!

Osvědčila se nám velká deska z polystyrenu. Zaručuje dostatečné tření, aby se lyžař pohodlně rozjel. Koberce většinou fungují také dobře. Zvolené podložce případně ještě přizpůsobíme konce hůlek. Někdy je dobré vatový konec na tyčince ponechat, někdy naopak sundat.

Lyžař je ryzí fyzikální radost. Nejen pro děti. I na elixířím setkání v Plzni se urodilo 26 plně funkčních lyžařů, kteří rozradostnili své výrobce (obr.10 –12).

Na úplný závěr doporučuji ke zhlédnutí ještě naše video [6], záznam z našich prvních lyžařských pokusů s neočekávaným efektem.



Obr. 10–11. Lyžaři, setkání Elixíru do škol, RC Plzeň 2024.



Obr. 12. Lyžař, setkání Elixíru do škol, RC Plzeň 2024.

Odkazy

- [1] Cómo Hacer un Robot Esquiador. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=ZE2XlhSy_sk
- [2] Lyžaři (setkání Elixíru do škol, Plzeň). Dostupné z: <https://eu.zonerama.com/KaterinaLipertova/Album/11043686>
- [3] Laskakit. Dostupné z: <https://www.laskakit.cz/tt-motor-s-prevodovkou-plastove-prevody/>
- [4] Laskakit. Dostupné z: <https://www.laskakit.cz/comf-bh-321-1a-drzak-baterie-2xaa-dratove-vyvody/>
- [5] Laskakit. Dostupné z: <https://www.laskakit.cz/prepinac-kolebkovy-3a-250vac/>
- [6] Letní fyzikální týden CG 2023. Dostupné z: <https://eu.zonerama.com/KaterinaLipertova/Photo/10115801/398479888>

Vlastnosti IR záření a výroba IR přijímače ze senzoru plamene

Václav Pazdera

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9

Abstrakt

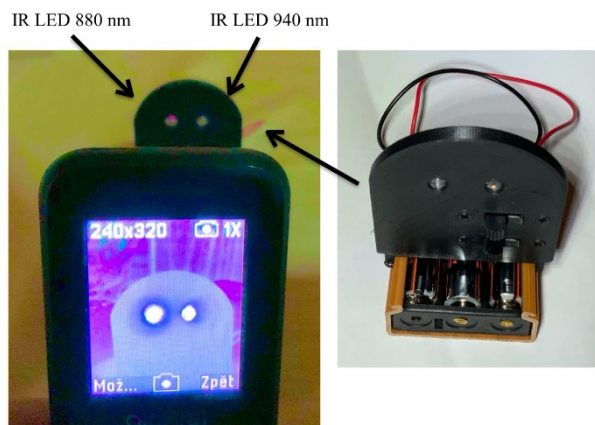
První část je věnována vlastnostem IR záření na které byl (nebyl) čas (na minulých setkáních). Jde o souhrn třinácti pokusů, pomocí nichž lze demonstrovat (a někdy možná ve výuce badatelským způsobem "objevovat") vlastnosti IR záření. Druhá část je věnována výrobě jednoduchého IR přijímače, který slouží k předvádění vlastností IR záření.

Vlastnosti IR záření

Na Dílnách Heuréky 2024 jsem účastníkům předváděl vlastnosti IR záření. Inspirací k této dílně mi hlavně byly příspěvky od Zdeňka Poláka [1] a Leoše Dvořáka [2].

Vlastnosti IR záření, které jsem na Dílnách Heuréky předváděl:

1. **„Objev“ IR záření.** Postup je popsán v [1] jako bod 1) „Existence neviditelného záření“. Jako detektor neviditelného IR záření můžeme použít přijímač IR záření popsáný v [2] nebo níže.
2. **Zdroje IR záření.** Jako zdroje IR záření můžeme použít obyčejné žárovky, infražárovky, teplomety, IR LEDky [3] a [4], plamen, IR dálkový ovladač, IR laser, ... Zdroje IR záření jsem detekoval přijímačem IR záření popsáným v [2] nebo IR přijímačem, který bude níže popsáný.



Obr. 1. Mobilní telefon, kterým lze „vidět“ IR záření.

3. **Jak zviditelnit krátkovlnné IR záření?** Neviditelné IR záření lze zviditelnit i s pomocí fotoaparátu mobilního telefonu (který nemá IR filtr viz Obr. 1.) nebo webkamery [5].
4. **Jak zviditelnit dlouhovlnné IR záření?** Dlouhovlnné IR záření jejímž zdrojem jsou i tělesa s nízkou teplotou (do 500 °C) lze zviditelnit pomocí termokamery (např.: [13] nebo [14]). Pokusům s termokamerou se podrobně věnují stránky [15]. Na těchto stránkách si lze i zapůjčit termokamery k experimentům do školy.

5. **Optické vlastnosti IR záření.** S IR zářením jsem předváděl i optické vlastnosti IR záření jako je odraz (se zrcadlem), lom (s hranolem, čočkou), ohyb a interference (s mřížkou). Jako zdroj IR záření jsem použil IR laser [16]. Z geometrie ohybu lze určit vlnovou délku a porovnat ji s vlnovou délkou červeného, zeleného a modrého laseru. Podrobný návod těchto experimentů přesahuje tento stručný přehled. Stálo by to za samostatný článek.
6. **Skleníkový efekt.** [6] Ten lze názorně předvést tak, že blízké IR záření (i UV a viditelné) sklem (skleníkovými plyny) prochází a dlouhovlnné IR záření sklem neprojde (viz obr. 2.). Podrobné vysvětlení skleníkového efektu viz [6].



Obr. 2. Ruka jako zdroj dlouhovlnného IR záření. Vlevo sklo, přes které IR záření neprojde.

7. **Detekci IR záření jehož zdrojem je plamen.** IR záření vysílané plamenem (plamen sirky, svíčky, ...) lze detekovat IR senzorem plamene [7] nebo i **přijímačem IR záření** popsaným v [2] nebo níže.
8. **Závislost intenzity IR záření na vzdálenost** od zdroje záření. **Směrovost** IR LEDek. Lze předvádět postupným vzdalováním a nasměrováním IR vysílače (zdroje IR záření) a IR přijímače (viz [1] a [2]).
9. **Přenos zvuku** (audio signálu) **pomocí IR záření** (viz [1] a [2]).
10. **Propustnost IR záření látkami** [viz tabulka různých látek v [1]]. S pomocí IR vysílače a IR přijímače (IR kamery) můžeme zkoumat propustnost nebo naopak nepropustnost IR záření různými pevnými a kapalnými látkami. Lze použít (testovat) i různé filtry IR záření.
11. **Infračervená závora.** Na setkání jsem předváděl i různé infračervené závory, které lze koupit nebo vyrobit (já jsem měl IR závory [8] a [9]).
12. **Crookesův mlýnek „poháněný“ IR zářením** [10]. Pomocí IR záření lze „pohánět“ i Crookesův mlýnek. Pomocí IR filtru lze předvést, že mlýnek přestane fungovat. Jako zdroj lze použít IR reflektor nebo IR infražárovku.

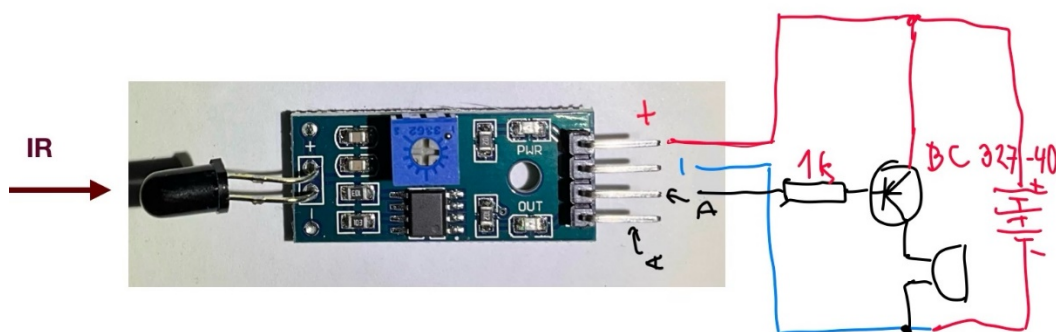


Obr. 3. Crooksův mlýnek [10] a IR reflektor pro noční vidění.

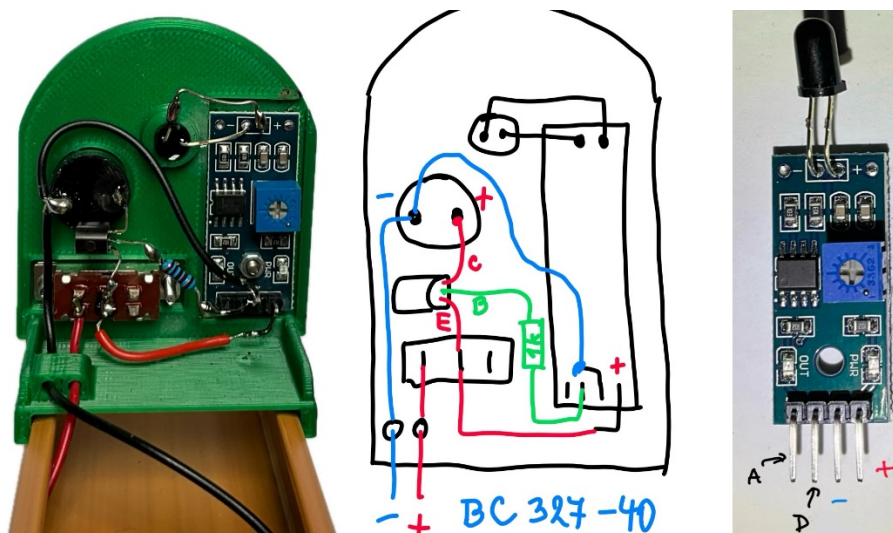
13. **Další vlastnosti IR záření.** Vlnovou délku blízkého IR záření IR LEDek jsem měřil se spektrofotometrem od Verniera (měření se starší verzí spektrofotometru viz [17]). Novější verze spektrofotometru [18] měří blízké IR záření IR LEDek [3] a [4].

Výroba jednoduchého IR přijímače ze senzoru plamene [11]

Na Dílnách Heuréky 2023 jsme s Leošem Dvořákem vyráběli přijímač IR záření (viz [2]). Tento přijímač signalizuje IR signál pomocí LEDky a pomocí reproduktoru. Reprodukter funguje (vydává slyšitelný zvuk) pouze tehdy, když IR záření má frekvenci ve slyšitelném pásmu. Když IR záření nemá “střídavou složku”, pak z reproduktoru není nic slyšet. Já jsem navrhl a vyrobil IR přijímač, který funguje (vydává zvuk sirénkou) i na IR signál, který nemá “střídavou složku”. Přijímač využívá modul *Senzor plamene* [11]. Tento IR přijímač si účastníci mé dílny mohli vyrobit.



Obr. 4. Senzor plamene [11] a jednoduchý obvod se sirénkou. „A“ – analogový výstup; „D“ – digitální výstup (písmenko „D“ je na obrázku „naležato“).



Obr. 5. IR přijímač a jednoduchý obvod se sirénkou [19].

Senzor plamene [11] a sirénku [19] jsem umístil a napájel na modul vytisknutý na 3D tiskárně, který lze upevnit do elektrikařské lišty 20 × 40 mm. Na modulu senzoru plamene je využitý digitální výstup „D“. Podobně jsme vyráběli na dílnách Heuréky optickou lavici [12] v roce 2010 s Leošem Dvořákem. Tím lze IR přijímač použít i s čočkami z optické lavice a předvádět výše uvedené vlastnosti s IR zářením.

Podrobný návod k výrobě IR přijímače lze vyžádat u autora. Stejně tak i podrobné informace k modulu senzoru plamene [11]. Pro většinu čtenářů (99 %) nemá cenu tyto informace zde uvádět.

Závěr

Závěrem lze říci, že IR záření je fascinujícím příkladem propojení fyzikálních jevů s praktickými aplikacemi v každodenním životě. Jeho pochopení umožňuje žákům nejen lépe porozumět elektromagnetickému spektru, ale také odhalit, jak moderní technologie, jako jsou termokamery, dálkové ovládání nebo diagnostické metody v medicíně, čerpají z těchto principů. Pro učitele fyziky představuje téma infračerveného záření příležitost ukázat, jak teoretické poznatky vedou k inovacím, které mění svět. Povzbuzujeme tedy naše žáky k tomu, aby zkoumali tyto jevy a nacházeli v nich inspiraci pro budoucí objevy!

Literatura

- [1] Polák Z.: *Náměty na experimenty s infračerveným zářením*. Dostupné online: <http://vnuf.cz/sbornik/prispevky/15-24-Polak.html>
- [2] Dvořák L.: *Přenášíme zvuk světlem (resp. infračerveným zářením)*. Dostupné online: https://kdf.mff.cuni.cz/lide/dvorak/clanky/DilnyHeureky/DilnyHeureky_2023_LD_PrenasimeZvukSvetlem.pdf
- [3] IR LED 940 nm. Dostupné online: <https://www.hadex.cz/k090e-led-5mm-infra-cira-940nm---vysilac/>
- [4] IR LED 850 nm. Dostupné online: <https://ampul.eu/cs/led-5-mm/3961-led-dioda-5mm-ir-vysilaci-850nm>

- [5] Kamera CMOS se zvukem JK-309. Dostupné online: <https://www.hadex.cz/t844-kamera-cmos-se-zvukem-jk-309-objektiv-36mm/>
- [6] Skleníkový efekt. Dostupné online: https://cs.wikipedia.org/wiki/Skleníkový_efekt
- [7] IR senzor plamene. Dostupné online: <https://www.laskakit.cz/arduino-infracervený-senzor-plamene--4-pin-modul/>
- [8] Infračervená závora. Dostupné online: <https://www.hadex.cz/t532-infracervená-závora-e3jk-5dm1-5l-optická-závora/>
- [9] Infračervená závora. Dostupné online: <https://www.gme.cz/v/1508439/velleman-wsaa120-stavebnice-ir-svetelna-bariera>
- [10] Crookesův mlýnek. Dostupné online: https://cs.wikipedia.org/wiki/Crookesův_mlýnek
- [11] IR senzor plamene. Dostupné online: <https://rpishop.cz/svetlo/1952-senzor-plamene-infracervený-4-piny.html>
- [12] Dvořák L.: *Co s čočkami - aneb optická lavice ...* Dostupné online: https://kdf.mff.cuni.cz/lide/dvorak/clanky/DilnyHeureky/DilnyHeureky_2010_LD_OptickaLavice.pdf
- [13] Termokamera pro iPad. Dostupné online: https://www.conrad.cz/cs/p/flir-one-gen-3-ios-termokamera-pro-mobilni-telefony-20-do-120-c-80-x-60-pixel-8-7-hz-435-0004-03-2369563.html?utm_content=ctaproduct2&utm_campaign=agn49709_auto_cz_b2b_general_hbo&utm_medium=email_b2b&utm_source=hbo_auto
- [14] Termokamera. Dostupné online: <https://www.conrad.cz/cs/p/flir-c5-wi-fi-termokamera-20-do-400-c-8-7-hz-89401-0202-2258834.html>
- [15] Stránky, které se věnují pokusům s termokamerou. Dostupné online: <https://edu.labir.cz/aktivity/>
- [16] IR laserový modul ($\lambda = 980 \text{ nm}$). Dostupné online: https://ampul.eu/cs/laserove-diody-moduly/5404-laserovy-modul-ir-30mw-980nm-bod-tecka?gad_source=4&gbraid=0AAAAADSG6LF4w93ETTi6cgbTgsQB4WI42&gclid=EAIaIQobChMI66vWnerphwMVbYCDBx0tPiYJEAQYASABEgKAj_D_BwE
- [17] Měření se spektrometrem Vernier. Dostupné online: <https://www.vernier.cz/stahnout/kucharka/kod/spektrum-ruznych-zdroju-svetla-SA> a <https://fyzweb.cz/clanky/index.php?id=142>
- [18] Spektrofotometr Vernier. Dostupné online: <https://www.vernier.cz/produkty/podrobne-informace/kod/GDX-SVISPL>
- [19] Sirénka 85dB 5V, 3,1kHz. Dostupné online: <https://www.hadex.cz/q197a-sirenka-85db-5v-31khz--kxg1205b-12x75mmmm/>

Střípky z projektů s tvořivou nadstavbou

Věra Pejčochová

ZŠ Brno, Novolíšenská

Abstrakt

Vybrala jsem některé projekty z papírové vědy realizované s dětmi ve škole a inovovala jsem je. Účastníci semináře si vyrobili papírové obvody s měděnou vodivou páskou s LED diodami i s vibračním motorkem. Vytvořili si i netradiční demonstrační pomůcku k výuce těžiště i papírový model Purkyňova kinesiskopu.

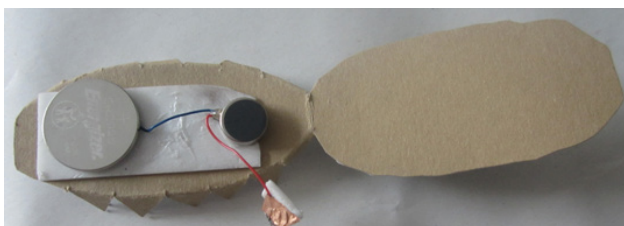
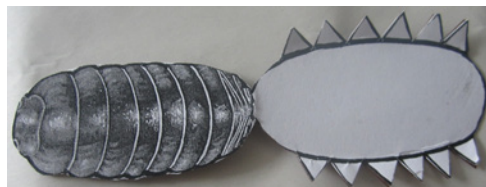
Pohyblivá svinka (brouček)

Pomůcky:

karton do kopírky (výkres), černý (hnědý) karton, lepidlo, nůžky, tužka, knoflíková baterie 3V CR 2032, kousek měděné vodivé lepící pásky (šířka 6 mm), vibrační elektromotorek, oboustranná lepící páska, malý magnet, malý kousek kartonu

Provedení:

- Nejdříve si zhotovíme šablonu: Vytiskneme nebo nakreslíme obrázek svinky (brouka). Vystříhneme ho. Na papír obkreslíme 2× za sebou tvar svinky. Do jedné části vlepíme obrázek svinky. U druhé části dokreslíme trojúhelníkové nohy.
- Šablonu vystříhneme a nalepíme ji na tmavý karton. Opět vystříhneme.
- Ohneme část s obrázkem na část s nožkami. Nožky ohneme kolmo k tělu.
- Šablonu rozevřeme a do části bez obrázku nalepíme kus oboustranné lepící pásky.
- Odizolujeme kousek obou kontaktů motorku. Konce kontaktů vlepíme mezi přehnutý kousek měděné pásky. Tím zajistíme větší plochu kontaktů motorku při zapojování.
- Na oboustrannou pásku blíže k přehnutí šablony nalepíme vibrační elektromotorek.
- Jeden z kontaktů motorku dáme na – pól baterie a touto stranou baterii přilepíme na oboustrannou lepící pásku (blíže k otevírací straně.)



- Ohneme část šablony s obrázkem a na rubovou stranu přilepíme malým kousíčkem oboustranné lepicí pásky druhý kontakt motorku. Umístění volíme tak, aby se tento kontakt při uzavření šablony dotýkal horní + části baterie.
- Kontakt na baterii bude držet malý magnet, který dáme na obrázek svinky nad baterii.
- Tím uzavřeme elektrický obvod, motorek začne vibrovat a svinka se začne pohybovat (podobně jako vystředěná pračka).
- Svince přidáme tykadla přilepením z rubu k přední části ve směru pohybu.
- Aby se svinka nepohybovala stále, vložíme dovnitř mezi kontakt a baterii kousek kartonu.

Poznámka:

Můžeme využít i jiné typy vibračních motorků 3V. Hlasitěji bzučí.



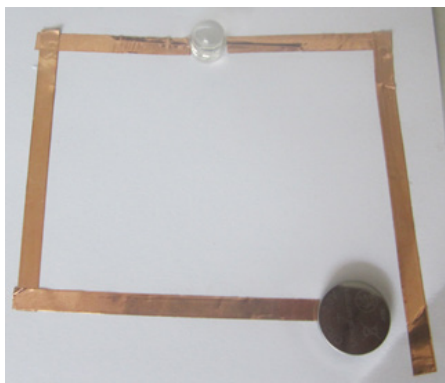
Svítilící obrázky s LEDkami – Mrkající pavouk a další ukázky

Pomůcky:

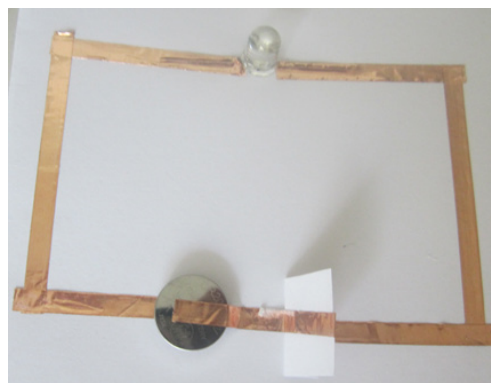
karton do kopírky (výkres), bílý průsvitný svačínový papír, nůžky, malé nůžky, lepidlo, tužka, knoflíková baterie 3V CR 2032, měděná vodivá lepicí páska (šířka 6 mm), úzká izolepa, 2 blikající LED diody, kancelářský klip

Provedení:

- Nejdříve dětem ukážeme různé elektrické obvody s LED diodami a měděnou páskou. Prodiskutujeme s nimi možné problémy při fungování: (polaritu LED diod, sériové a paralelní zapojení 2 a více LED diod s baterií 3V, zhotovení spínače, ...)



Jednoduchý el.obvod



Jednoduchý el.obvod se spínačem

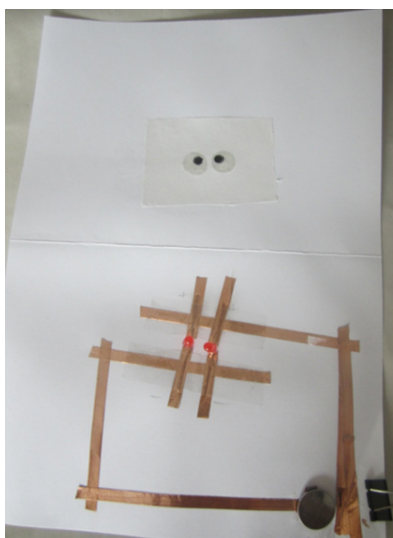


Sériové zapojení



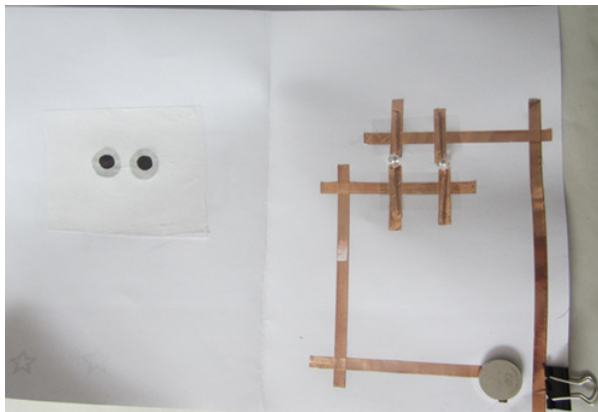
Paralelní zapojení

- Z diskuse k ukázkám určitě vyplýne, že 2 a více LED diod musíme k 3V baterii zapojit paralelně.
- Obrázek s pavoukem nakopírujeme nebo nakreslíme na karton A4 a přehneme ho v polovině.
- Malými nůžkami vystříháme oči. Tužkou označíme střed očí na protější straně obrázku.
- Otvory očí z druhé strany podlepíme s pomocí lepidla kouskem bílého průsvitného svačinového papíru. Z venkovní strany dokreslíme černou fixou duhovky.
- Obrázek rozevřeme. Ohneme pravý spodní roh, podle kterého se rozhodujeme o umístění baterie a části elektrického obvodu k + pólu baterie.
- Kolem míst označených tužkou (naproti středu očí) si tužkou načrtneme plán elektrického obvodu, včetně označení + a -.
- Nalepíme měděné pásky – rovné části elektrického obvodu.
- Pak ohneme nožky LED diod a přilepíme je kousky měděné pásky do připraveného elektrického obvodu (pozor na polaritu). Přilepení LED diod můžeme zafixovat ještě nalepením kousků izolepy.
- Ustříháme kousek měděné pásky, přehneme ji v polovině – lepící části jsou z venkovní části – a pomocí ní přilepíme do obvodu baterii (- pól je dole).
- Část elektrického obvodu označená + musí končit v pravém rohu. Když ohneme pravý roh, musí se tato část dotýkat hořejší části baterie.
- Ohnutí připevníme kancelářským klipem.



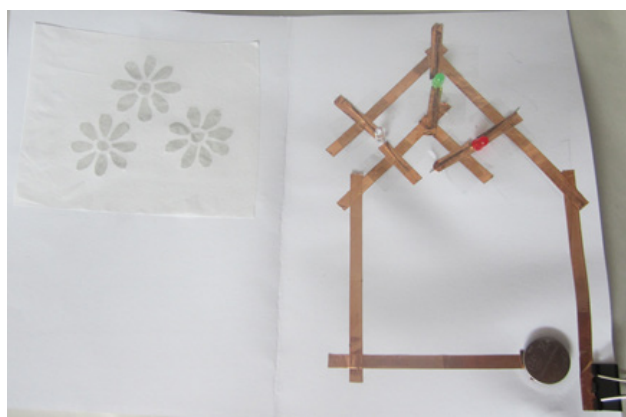
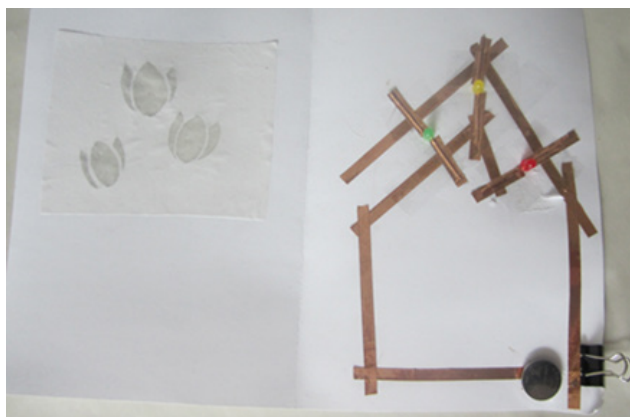
Sova

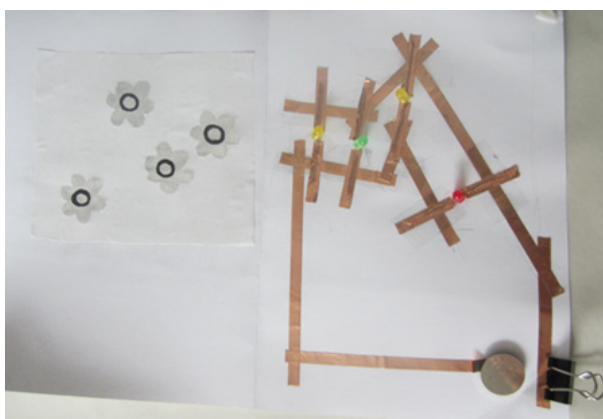
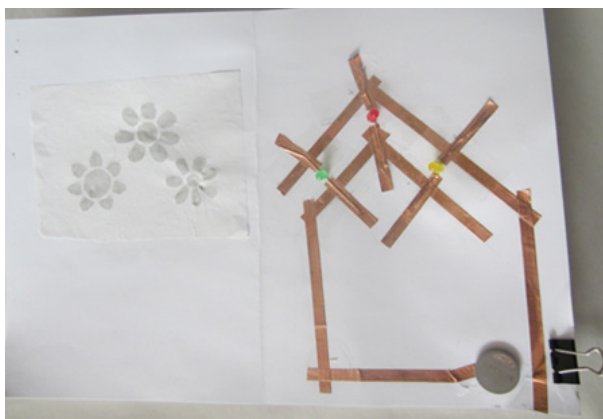
(U sovy použijeme 2 LED diody s měnícími se barvami.)



Květiny

(U květin jsem použila LED diody různých barev.)





Poznámka 1.

Baterii můžeme zapojit do elektrického obvodu ve spodní – části. Pak zhotovit více vpravo spínač z nalepeného ohnutého kusu kartonu. Měděnou pásku nalepíme na horní + část baterie a vedeme ji dále až k nalepenému kartonu, který páskou oblepíme. + část elektrického obvodu vedeme přes pravý spodní roh až po ohnutý karton.

Poznámka 2.

U květin použijeme LED diody stejných nebo různých barev.

Housenka s velkýma očima

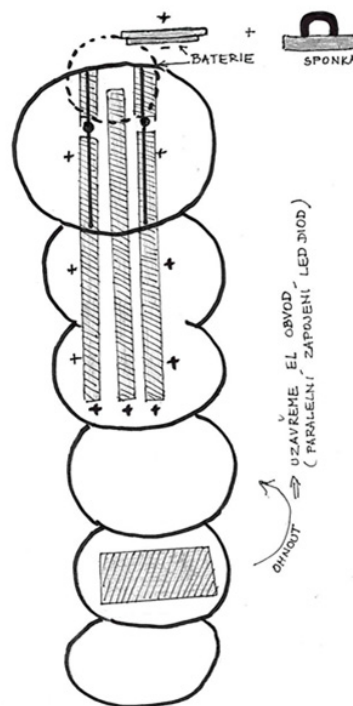
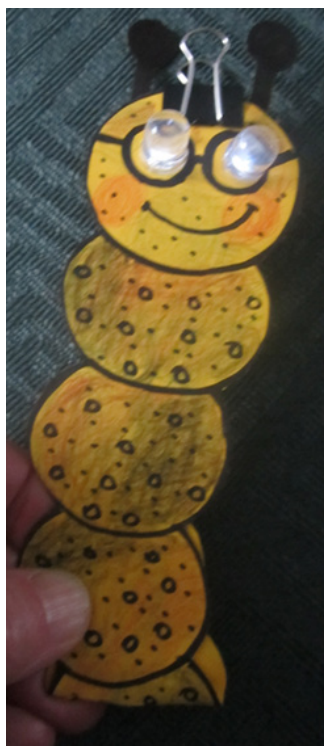
Pomůcky:

karton do kopírky (výkres), 2 velké LED diody 10 mm, knoflíková baterie 3V CR 2032, měděná vodivá lepicí páska (šířka 6 mm), nůžky, malé nůžky, pastelky, černý fix, kancelářský klip,



Provedení:

- Nakreslíme housenku, obtáhneme ji černou fixou a vybarvíme ji.
- V místě očí uděláme malými nůžkami otvory.
- Otvory protáhneme obě nožičky obou LED diod.
- Na rubové straně obě nožičky + ohneme směrem dolů a přilepíme je měděnou vodivou páskou (asi do 2/3 délky housenky).
- Na rubové straně - obě nožičky – ohneme směrem nahoru (možná je budeme muset trochu zkrátit a zafixujeme je také měděnou vodivou páskou.
- Na rubové straně - knoflíkovou baterii položíme – pólem na - kontakty obou LED diod.
- Baterii přichytíme měděnou páskou z + pólu zdroje na tělo housenky. (Leží mezi páskami od + nožiček obou LED diod, asi do stejné délky).
- Baterii shora hlavy přichytíme kancelářským klipem.
- Asi v jedné třetině nalepíme obdélníček tvořený z několika kousků měděné vodivé pásky.
- Nad tímto obdélníčkem ohneme tělo housenky tak, aby propojila svislé pásky, které vedou od + pólu baterie a + nožiček LED diod.
- Tím uzavřeme paralelní zapojení obou LED diod, které se rozsvítí.



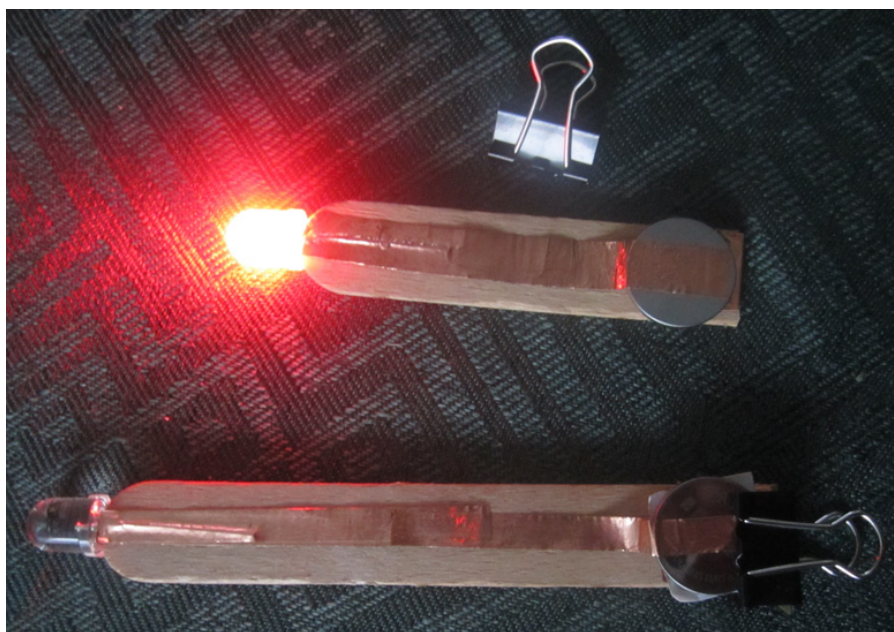
Baterka rychle vyrobená ze špachtle

Pomůcky:

Špachtle (může být i zkrácená), 1 velká LED dioda 10 mm, knoflíková baterie 3V CR 2032, měděná vodivá lepicí páska (šířka 6 mm), nůžky, kancelářský klip

Provedení:

- Vezmeme špachtli. Na jeden konec dáme LED diodu. (Každá nožička je na jiné straně špachtle.)
- - nožičku přilepíme měděnou vodivou lepicí páskou, která povede až na druhou stranu špachtle (asi 1,5 cm).
- Baterii položíme - pólem na přesahující část od - pólu LED diody.
- Měděnou páskou přilepíme + nožičku diody. Páska končí na horní části baterie (+ pólu).
- Pak stačí baterii přitisknout prsty ke špachtli a LED dioda – baterka začne svítit.
- Aby baterka nesvítla stále, vezmeme kousek kartonu, vložíme ho mezi - pól baterie a kontakty LED diody a zafixujeme kancelářským klipem.



Učební pomůcky – Poloha tělesa a jeho těžiště

a) Druh polohy zavěšeného předmětu

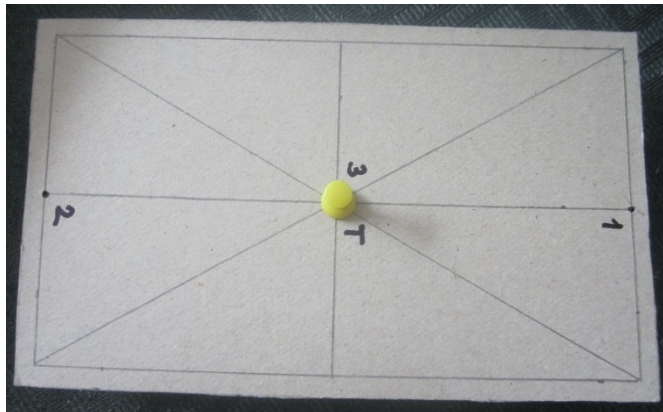
Pomůcky:

staré desky z kartonu, větší špendlík, tužka, pravítko, (stojan s vodorovnou tenkou tyčkou)

Provedení:

- Druh polohy zavěšeného tělesa si nejlépe vysvětlíme na obdélníkové desce, kterou vystříháme z lepenky.
- Podle obrázku vyznačíme polohu těžiště T a nakreslíme místa pro otvory 1, 2, 3.
- Otvory propícháme větším špendlíkem s „držátkem“. Obdélníkovou desku postupně zavěšujeme ve vyznačených otvorech na velký špendlík nebo na tenkou vodorovnou tyčinku stojanu.
- Zavěsíme-li desku v bodě 1, je její poloha stálá (stabilní). Vychýlíme-li desku, těžiště T stoupá.

- Přemístíme-li závěs do bodu 2, překotí se deska tak, že těžiště padne pod závěs (těžiště T klesá). Těleso přešlo z polohy vratké (labilní) do stálé.
- Při zavěšení obdélníku do bodu 3 (v těžišti) je poloha volná (indiferentní). Pohneme-li deskou, zůstane ve vychýlené poloze, při čemž těžiště ani nestoupá, ani neklesá.



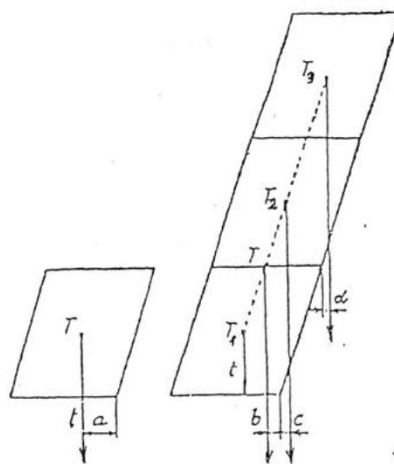
b) Stavebnice z hranolů

Pomůcky:

narýsovaná šablona na zhotovení šikmého hranolu (viz příloha), karton do kopírky, nůžky, lepidlo Herkules, malá kovová podložka, kousek oboustranné lepicí pásky, magnety

Provedení:

- Šablonu šikmého hranolu nakopírujeme na karton do kopírky 4 x.
- Slepíme 3 stejné šikmé hranoly. (Šablonu, která má na jedné boční straně nakreslený kroužek, dáme zatím bokem.)
- Na jejich bocích si vyznačíme jejich těžiště (je v průsečíku úhlopříček uvnitř hranolu).
- Na stůl postavíme jeden hranol na nejmenší základnu. Hranol stojí, protože těžnice spadá do podstavy (obr. 1 – vzdálenost a).
- Dáme-li dva hranoly na sebe, nepřekotí se, i když těžnice horního hranolu spadá mimo základnu spodního hranolu (obr. 2. - vzdálenost c). Tyto dva hranoly můžeme považovat jako jeden celek, pak výsledná tíhová síla působí ve společném těžišti T. Společná těžnice z něho pak ještě „spadá“ do společné základny (obr. 2 – vzdálenost od hrany b).
- U tří hranolů, které leží na sobě, spadá jejich společná těžnice (společné těžiště je v bodě T_2) již mimo společnou základnu (obr. 2 – vzdálenost d). Stavba se překotí.



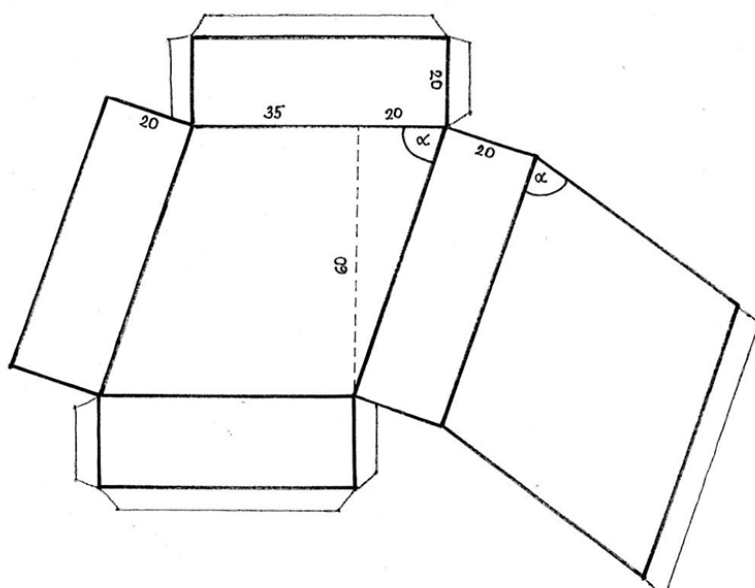
obr.1

obr.2

Nadstavbová problémová úloha – Můžeme vymyslet způsob, jak postavit 3 hranoly na sebe?

- Čtvrtou šablonu využijeme ke zhotovení šikmého hranolu, u kterého budeme měnit hmotnost.
- Než slepíme hranol, nalepíme dovnitř do spodní části levé boční stěny pomocí kousku oboustranné lepicí pásky kovovou podložku.
- Hmotnost tohoto hranolu můžeme měnit přidáváním magnetů na venkovní stranu levé boční stěny (označení kroužkem, pod kroužkem je kovová podložka).
- K tomuto upravenému hranolu vezměte ještě další 2 šikmé hranoly a zkuste postavit stavbu z těchto 3 hranolů.
- Kdy se vám to podaří? (hranol s přidanou hmotností musí být uprostřed.)

Šablona s rozměry v mm:



Purkyňův kinesiskop

Oživé obrázky a historie

V roce 1824 vydává anglický fyzik Peter Mark Roget dílo „O zachování obrazu pohybujících se předmětů“, které pojednává o vlastnosti lidského oka – doznívání zrakového vjemu. Projevuje se tím, že pozorujeme-li upřeně libovolný předmět a potom odvrátíme zrak nebo nám předmět sám zmizí z očí, na desetinu sekundy uchováme na sítnici jeho obraz. Díky této vlastnosti našeho zraku- pozorujeme-li pohybující se předměty – překrývají se v našem oku dva obrazy – ten, který jsme zachytili před jednou desetinou sekundy a ten, který vidíme právě v tomto okamžiku. Překrývání obrazů nám umožňuje, abychom si uvědomili jev pohybu, abychom viděli pohyb nikoli jako sta nebo tisíce oddělených nehybných obrazů, které tvoří jeho etapy, ale jako úkaz trvalý, plynulý a nepřerušovaný.

Bez této vlastnosti oka bychom se nebyli schopni dívat na filmy promítané na promítací plátno.

Na základě Rogetova objevu vznikla celá řada kouzelných hříček, jejímž cílem bylo mechanické předvádění pohybujících se věcí. Tyto hračky se rozmohly zvláště ve druhé polovině 19. století. Jmenovaly se všelijak: traumatrop, zoetrop, stroboskop, kinesiskop, bioskop, kolo života apod.

Každá z nich vypadala trochu jinak, ale princip byl stejný. Skládaly se z pruhu papíru, na kterém byly nakresleny obrázky zachycující několik postupných fází pohybu. Při roztočení přiměřenou rychlostí, začaly splývat jednotlivé fáze pohybu.

V historii vynálezu kinematografu se objevuje i jméno českého vědce Jana Evangelisty Purkyně. Již ve své disertační práci se zabýval dozníváním světelného jevu. Sestrojil přístroj později nazvaný kinesiskop. Tento přístroj tvořily dva otáčející se kotouče – jeden se štěrbinami a druhý s rozkreslenými obrázky jednotlivých pohybových fází. Purkyně svůj kinesiskop předvedl na lékařském kongresu roku 1865, kdy jeho účastníkům ukazoval „tepající srdce“ a „klusajícího koně“.



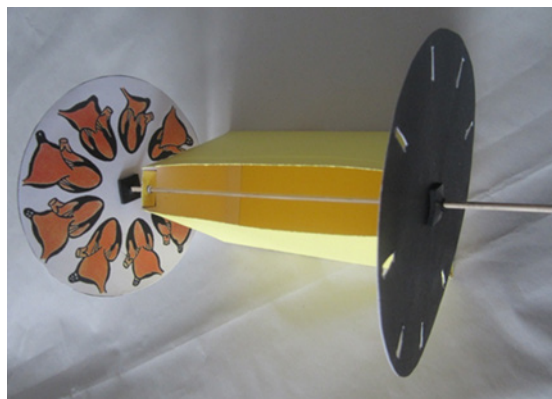
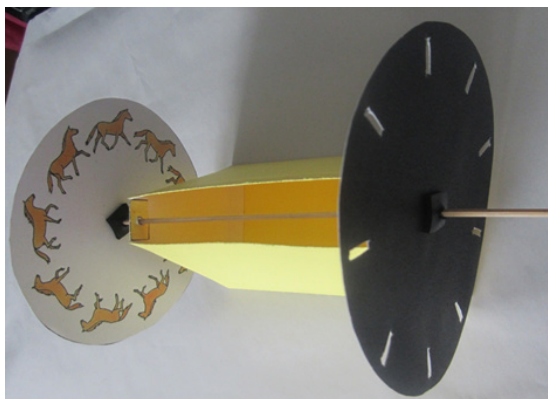
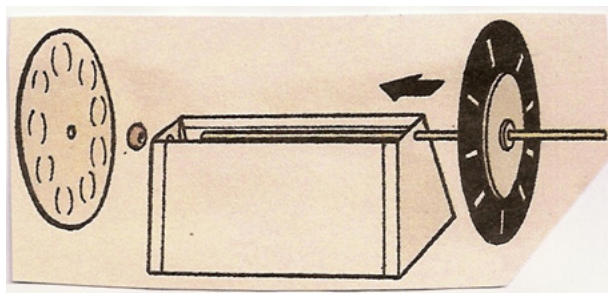
Pomůcky:

šablony, karton do kopírky nebo výkres, lepidlo, špejle (pletací jehlice), korková zátka (kousek kartonu, kousek gumy nebo gumový kroužek), nůžky, malé nůžky nebo řezák, podložka

Postup: (šablony jsou v příloze)

- Šablonu č. 1 – bočnice překreslíme 2× na tvrdý papír nebo nakopírujeme na kopírce. Vystříháme a ohneme centimetrové okraje.
- Šablonu č. 2 – plášť překreslíme na tvrdý papír, vystříháme a ohneme ho do tvaru neuzavřeného pláště trojbokého hranolu.
- Pak slepíme bočnice a plášť podle obrázku. Horní chlopně bočnic a pláště ohneme o 180° a přilepíme.

- Uděláme otvory na prostrčení špejle, která bude tvořit osu kotoučů. (Špejle se musí v otvorech volně otáčet.)
- Šablony č. 3 a 4 – kotouče s obrázky nakopírujeme na barevné kopírce, nalepíme je na tvrdý papír a vystříhneme.
- Šablona č. 5 – kotouč se štěrbinami rovněž nakopírujeme a podlepíme ho tvrdým papírem. Štěrbiny vystříhneme malými nůžkami nebo vyřízneme řezákem.
- Pak sestavíme kotouče podle obrázku, a aby se neprotáčela, přilepíme z každé strany kotouče plátek korkové zátky (čtvereček kartonu, kousek gumy nebo gumové těsnění), mezi které kotouč sevřeme.
- Kotouč se štěrbinami srovnáme s kotoučem s obrázkem tak, aby střed jednoho fázového obrázku byl proti štěrbině ve druhém kotouči.
- Rukou roztáčíme špejli s oběma kotouči a míhajícími štěrbinami pozorujeme obrázky. Při pozorování vyzkoušíme optimální rychlost otáčení a vzdálenost oka od kotouče se štěrbinami.



Literatura

- [1] Herolt E.: Pokusy z fyziky, příručka pro učitele fyziky, 1. vydání, Praha Unie, 1947
- [2] Časopis ABC, ročník 34
- [3] https://www.instagram.com/moonshotkidz/reel/C9M88s5R_I8/
- [4] <https://www.instructables.com/Craft-Stick-Candles/>
- [5] <https://www.instagram.com/reel/C7RlbVpORiF/>

Měření délky

Edita Petrásková

Základní škola Jungmannovy sady Mělník,
příspěvková organizace

Abstrakt

Příspěvek shrnuje aktivity při výuce tématu Délka. V rámci dílny byla využity nejen běžná měřidla, ale i špejle nařezané na délku 1 dm a s vyznačením jednotlivých centimetrů. Účastníci dílny měli potvrdit či vyvrátit hypotézu, zda se liší výška stojícího a ležícího člověka.

Měřidla

Na začátku dílny stejně jako v úvodní hodině ve škole jsme diskutovali o používaných měřidlech, která děti znají. Podle vybavení školy je vhodné ukázat i méně známá měřidla (mikrometr atd.). Podle vyspělosti a zájmu třídy lze i vysvětlit, proč se v praxi užívají kalibrovaná měřidla, co znamená, když výrobce udává rozměry svého výrobku na 1–2 desetinná místa (udává tím, s jakou přesností vyrábí daný výrobek a že tyto rozměry garantuje).

Aktivity

- 1) Zjišťování přesnosti odhadu ohledně jednotek délky. Pomocí svého těla ukázat 1 m, 1 dm, 1 cm.
- 2) Změřit zadaný předmět (židle, dveře, parapet atd.) v rámci skupiny, aniž by byla zadaná bližší specifikace. Poté jednotlivé skupiny prezentují své výsledky. Ve třídě si již během této aktivity některé děti uvědomí, že úkol je zadán příliš obecně a požadují bližší specifikaci. Většinou ale až během prezentace děti zjišťují, že rozměrů lze zjistit více, než předpokládaly. Při prezentacích často reaguje třída, které rozměry nebyly změřeny.
- 3) Pro měření lavice, sešitu lze využít špejle nařezané na 1 dm s vyznačením jednotlivých centimetrů. Činnost slouží hlavně k uvědomění si, že je potřeba měřit nejkratší vzdálenost, tj. kolmou a zafixování odhadu 1 dm. Špejle lze využít při výuce tématu obsahu ve fyzice i matematice.
- 4) Žákům rozděleným do skupin je předložena hypotéza, že se liší výška stojícího a ležícího člověka. Nejprve vyjádří svůj předpoklad a v případě kladné odpovědi zaznamenají předpokládaný rozdíl.

Po skončení měření následuje diskuze, čím je rozdíl způsoben (mimo jiné rozvolněním páteře), proč jsou u některých skupin velké rozdíly.

Učitel při práci sleduje děti, ale nezasahuje. Až v rámci diskuze žáky směřuje otázkami k nalezení chyb v postupu měření. Např. jak postupuje sestra u pediatra, když zjišťuje jejich výšku atd.

Účastníci Dílny ověřili, že hypotéza platí. Rozdíl činil v průměru 2–3 cm.



Fotorezistor na základní škole

Hana Trhlíková

Základní škola Sokolov, Křižíkova 1916

Abstrakt

Na dílně jsme si ukázali žákovská měření s fotorezistory při různém osvětlení místnosti. V praktické části jsme si vyrobili sadu fotorezistorů pro třídu a demonstrační pomůcku do výuky – kočíčku, která využívá fotorezistor k regulaci svícení očí kočíčky.

Žákovská měření s fotorezistorem

Pomůcky: fotorezistor (osazen na destičce), multimetr

Cílem měření je, aby žák zjistil, že při měnícím se osvětlení fotorezistoru se mění výrazně jeho odpor. Čím na něj dopadá víc světla, tím má odpor menší.

Je vhodné, když není příliš slunečný den, abychom měli možnost měnit osvětlení pomocí umělého osvětlení ve třídě.

Postup: Žákům rozdáme do dvojic fotorezistory a multimetry, které nastavíme na měření odporu. Dle možností učebny měníme postupně osvětlení v místnosti, žáci měří a zapisují si své výsledky a světelné podmínky.

Poznámka: Je vhodné zapisovat na tabuli pokaždé několik výsledků z různých částí třídy, aby žáci viděli jejich různorodost, a přitom diskutovali o důvodech jejich rozdílů.

Při vyhodnocování výsledku je možné rozšířit slovní popis o grafické vyhodnocení. K tomu můžeme použít luxmetr – čidlo osvětlení (<https://www.vernier.cz/produkty/podrobne-informace/kod/ls-bta>) od firmy Vernier. Osvětlení měříme těsně u fotorezistoru, na kterém současně měříme elektrický odpor. Sestrojíme pak graf závislosti odporu fotorezistoru na intenzitě osvětlení.

Výroba sady fotorezistorů

Levné fotorezistory můžete objednat například pod označením fotoodpor na e-shopu Hadex.cz: <https://hadex.cz/u670-fotoodpor-5528-ldr-8-20kohm-1mohm/>

Na dřevěné destičky jsme je upevnili pomocí mosazných hřebíčků (předvrtáte, zasunete ohnutý drátek fotorezistoru, k němu přitlučete kladívkem hřebíček). Součástky je možné taky připájet ke hřebíčkům. Je dobré si udělat 12–15 destiček, abyste měli dostatek pro celou třídu. Takto upevněné součástky se pak neztrácí a nekončí pod lavicemi, takže déle vydrží.



Obr. 1. Žákovská sada fotorezistorů.

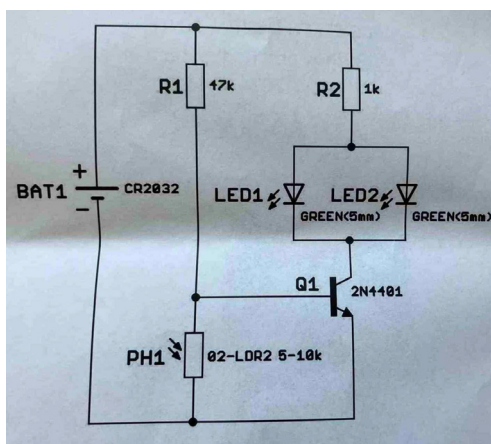
Kočka – výroba demonstrační pomůcky

Firma onsemi (ON Semikonduktor CZECH REPUBLIC, s.r.o.) sponzorovala letošní Dílny Heuréky a pro naši dílnu připravila stavebnici Kočka. Pokud se k ní nedostanete, tak můžete najít na trhu funkčně podobnou stavebnici z e-shopu pájeničko.cz na odkazu <https://pajenicko.cz/stavebnice/sova-nocni-led-svetlo>, která sloužila jako inspirace pro vytvoření naší stavebnice. Výhodou kočky je její větší velikost.



Obr. 2. Stavebnice kočky.

Fotorezistor v této stavebnici ovlivňuje průchodnost tranzistoru. Při dostatečném osvětlení má fotorezistor malý odpor a tranzistor se neotvírá – LEDky nesvítí. Za tmy má fotorezistor větší odpor, tranzistor se otevře a umožní průchod elektrickému proudu LEDkami, které se rozsvítí.



Obr. 3. Schéma zapojení stavebnice.



Obr. 4. Hotová kočička (obrázek z dílen).

Závěr

Cílem dílny bylo ukázat kolegům, jak se dá pracovat s polovodičovými součástkami na základní škole, připravit si k tomu pomůcky a vyrobit si demonstrační pomůcku, na které lze ukázat jednu z možností využití fotorezistoru.

Šifrování a kódování napříč předměty

Gabriela Urbanová

Základní škola Zruč nad Sázavou

Abstrakt

V tomto příspěvku se společně podíváme na šifrování a kódování, které nám pomůže vytvořit zajímavou motivaci pro začátek hodiny, nebo tímto způsobem mohou žáci provést sebereflexi.

Úvod

S účastníky dílny jsme na začátek diskutovali, co znamenají pojmy šifrování a kódování.

Kódování je tedy pojem nadřazený šifrování a v učebnici [1] „je vysvětleno jako převod informace do přesně stanoveného kódu. Například převod informace do obrázku, symbolu, do textu nebo do čísla“.

Šifrování je pojem podřazený kódování a v učebnici [2] „je vysvětlen jako převod informace do nečitelné podoby. Zašifrovanou informaci je možné přechíst, jen pokud je tato informace dešifrována. Přechíst zašifrovanou informaci pak můžeš pouze ty anebo jiná osoba, která ví, jak ji dešifrovat“.

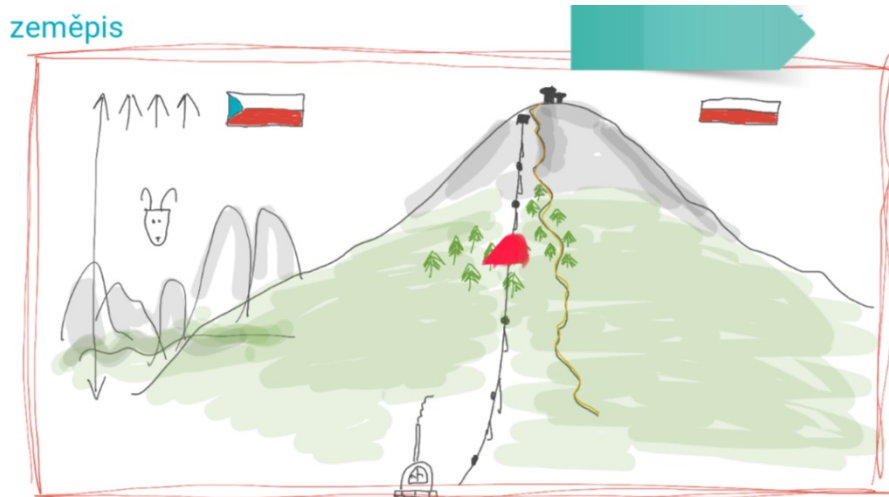
Na stránce [3] jsou uvedeny příklady šifer.

Účastníci si nejprve sami vyzkoušeli dekodování informace pomocí:

- Obrázků (Obr. 1., 2.).
- Souhlásek (Obr. 3.).
- Emotikon (Obr. 4.).
- Klíče (Obr. 5.).



Obr. 1. Počáteční písmena daných obrázků vytvoří otázku. (Jak se máte?)



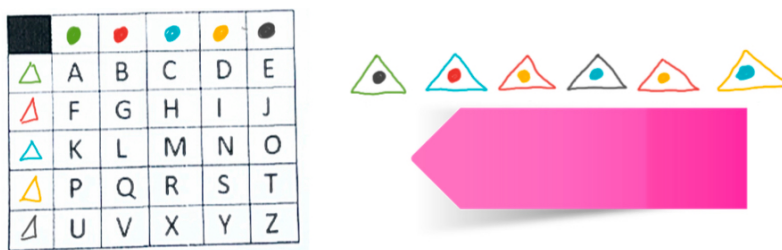
Obr. 2. Ukázka zeměpisného tématu kódovaného jednoduchou kresbou. (Krkonoše)



Obr. 3. Ukázka kódování vyjmenovaných slov pomocí souhlásek. (Vyjmenovaná slova po M)



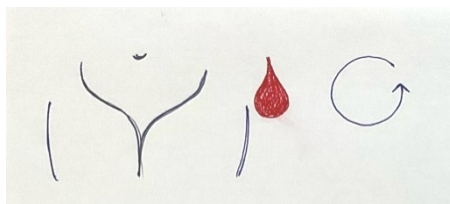
Obr. 4. Ukázka kódovaného přísloví pomocí emotikon. (Dvakrát měř, jednou řež.)



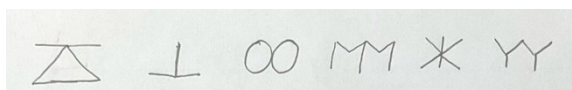
Obr. 5. Abecedu skryjeme pod různé symboly – skrytý obsah + klíč. (Elixír)

Práce účastníků

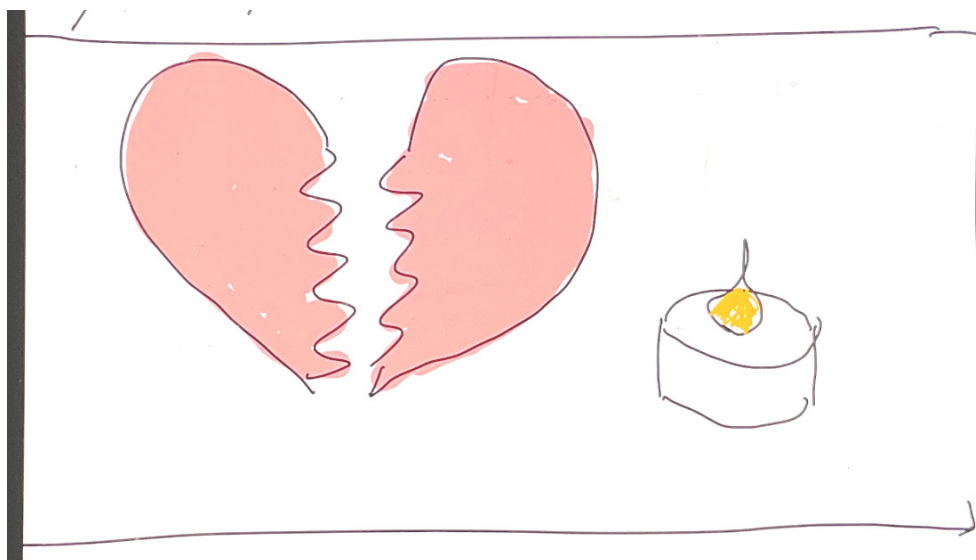
Účastníci si vytvořili vlastní práce pro předměty, kterým se věnují. Hodně se opakovalo kódování pomocí obrázků a symbolů.



Obr. 6. Kódování v biologii. (Menstruační cyklus)



Obr. 7. Kódování v matematice. (Zlomky)



Obr. 7. Kódování ve fyzice (Lom světla)

Závěr

Na závěr bych ráda upozornila, že je potřeba si uvědomit, pro jakou skupinu žáků kód vytvářím a podle toho si vybrat náročnost kódu. Pro předškoláky nebudu volit např. grafickou morseovku [3], ale pravděpodobně zvolím informaci kódovanou obrázkem. Středoškolákům na úvod hodiny promítnu informaci psanou např. Braillovým písmem, pro sebereflexi bych zvolila volný výběr, někdo se lépe vyjádří kresbou, někdo raději zvolí Hillovu šifru.

Pro více inspirace přikládám odkaz na [Google Disk \[4\]](#), kde najdete i tipy na webové stránky s šiframi.

Literatura

- [1] Navrátil P.: Informatika pro 4. ročník ZŠ. 1. vydání, Prostějov: ComputerMedia, 2023. 88 s. ISBN: 978-80-7402-466-5
- [2] Navrátil P.: Informatika pro 4. ročník ZŠ. 1. vydání, Prostějov: ComputerMedia, 2023. 88 s. ISBN: 978-80-7402-466-5
- [3] Šifry. [cit. 30. 11. 2024]. Dostupné on-line: <https://junak.cervenepecky.cz/>
- [4] Google disk. [cit. 30. 11. 2024]. Dostupné on-line: <https://drive.google.com/drive/>

Vyšetrenie oka

Ľubomíra Valovičová, Martin Štubňa

Katedra fyziky, Fakulta prírodných vied a informatiky UKF v Nitre

Abstrakt

Príspevok sa zameriava na praktické očné vyšetrenie, ktoré vykonáva detský očný lekár, a diskutuje o rôznych poruchách zraku u detí. Predstaví metódy vyšetrenia zraku, ako testovanie zrakovkej ostrosti, citlivosti na farby a vyšetrenie motility. Ďalej sa venuje bežným očným problémom, ako sú krátkozrakosť, ďalekozrakosť, astigmatizmus a binokulárneho videnia. V príspevku je predstavený aj projekt na tému vyšetrenia zraku, ktorý zapája žiakov do aktívneho učenia. Aktivita, ako napríklad simulácia vyšetrenia zraku môžu byť na hodinách fyziky nesmierne pútavé. Takéto praktické úlohy rozvíjajú nielen vedecké myslenie, ale aj manuálne zručnosti a schopnosť spolupracovať. Prepájaním fyziky a biológie sa žiakom ponúka možnosť lepšie pochopiť, ako jednotlivé disciplíny spolupracujú pri objasňovaní zložitých otázok, čím sa zvyšuje ich motivácia a záujem o prírodné vedy ako celok.

Úvod

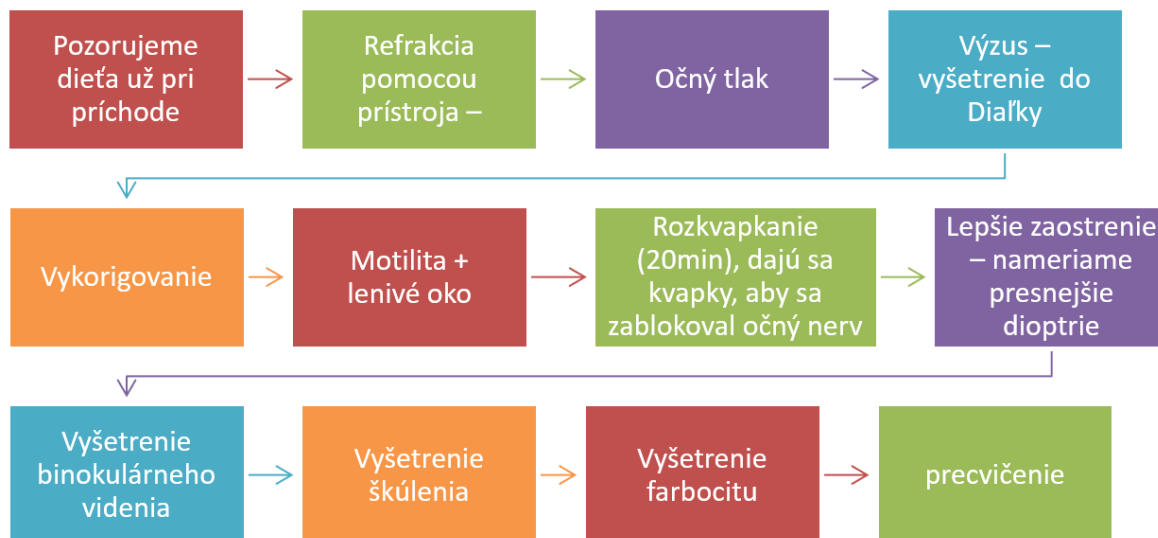
Prepojenie fyziky s biológiou na základnej škole hrá významnú úlohu v rozvoji komplexného a praktického pochopenia prírodných javov. Téma oka je v tomto kontexte mimoriadne zaujímavá, pretože umožňuje prepájať teoretické poznatky s konkrétnymi skúsenosťami zo života. Prostredníctvom fyziky môžu žiaci spoznať princípy, ako je lom, odraz a rozklad svetla, ktoré sú kľúčové pre pochopenie fungovania očnej šošovky, dúhovky či sietnice. Biológia dopĺňa tieto poznatky vysvetlením anatomickej stavby oka a jeho prepojenia s mozgom. Zároveň im ukazuje, aký význam má zrak pre človeka a aké sú dôsledky jeho poškodenia.

Zrak je jedným z najdôležitejších zmyslov, pretože vďaka nemu prijímame viac ako 80 % informácií o svete okolo nás. Preto je dôležité sa o svoje oči starať počas celého života. Detská oftalmológia (očné lekárstvo) sa nezameriava len na liečbu chorých detí, ale aj na prevenciu problémov, ktoré by mohli ovplyvniť správny vývoj zraku. Medzi najčastejšie problémy so zrakom u detí patrí krátkozrakosť, ďalekozrakosť, astigmatizmus (nepravidelný tvar rohovky) a šilhavosť (strabizmus). Včasné odhalenie týchto problémov je veľmi dôležité, pretože čím skôr sa zistí nejaký problém, tým skôr sa môže začať liečba a zabrániť trvalým zmenám. Napríklad pri šilhavosti je kľúčové, aby sa problém včas diagnostikoval a liečil, kým sa nezafixuje nesprávne videnie.

Vyšetrenie oka u oftalmológa

Okamžite po narodení sa deti v pôrodnici podrobujú základným očným vyšetreniam, počas ktorých lekári kontrolujú prítomnosť oboch očí, ich veľkosť, polohu v očnici, farbu dúhovky a zornice. Súčasťou týchto vyšetrení je aj kontrola očného pozadia, konkrétne

červeného reflexu, a vyšetrenie pupilo-motorických reflexov, ktoré pomáhajú identifikovať možné vrodené očné ochorenia.



Obr. 1. Priebeh vyšetrenia zraku

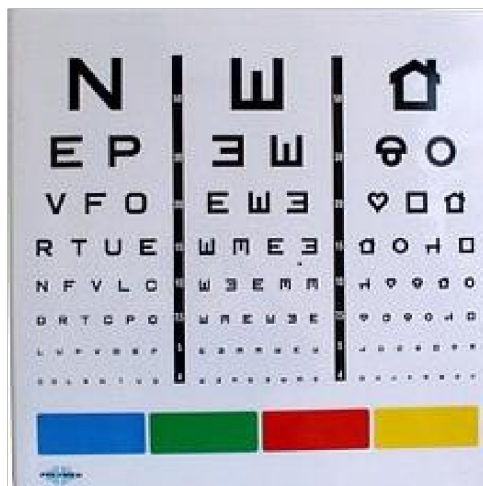
Základné vyšetrenie zraku sa uskutočňuje počas preventívnych prehliadok u pediatra. Zahŕňa kontrolu zrakovkej ostrosti a farbcitu. Ak sa pri vyšetrení objavia odchýlky od normy alebo iné problémy, pediater odporučí dieťa na odborné vyšetrenie k oftalmológovi, ktorý následne vykoná podrobnejšie vyšetrenia:

- **Vyšetrenie zrakovkej ostrosti** – veľmi dôležité a patrí medzi základné vyšetrenia očí detí. Pri tomto vyšetrení sa zistí, ako dobre dieťa vidí. Väčšina detí rýchlo pochopí, čo sa od nich očakáva, takže samotné vyšetrenie býva jednoduché. Každé oko sa vyšetruje samostatne a je veľmi dôležité, aby druhé oko bolo dôkladne zakryté, aby dieťa nemohlo "podvádzať". Pri zlom zakrytí môže dieťa vidieť cez zakryté oko, čo by mohlo ovplyvniť výsledok. Zrková ostrosť sa najprv skúša bez korekcie (čiže bez okuliarov) a následne s korekciou, ak dieťa už okuliare nosí. Je dôležité, aby dieťa bolo pripravené na vyšetrenie, a preto je dobré, keď rodičia doma trénujú pomenovávanie obrázkov alebo otočenie E-symbolov, ktoré sa používajú pri vyšetrení. [1,2,3]

Pre deti mladšie ako 3 roky sa na vyšetrenie zrakovkej ostrosti používajú obrázkové optotypy. Deti sledujú rôzne obrázky (ako sú hračky alebo zvieratá), a podľa toho, či sú schopné tieto obrázky rozpoznať, sa určuje ich zrková ostrosť. Obrázkové optotypy, sú Pflügerove háky alebo Landoltove kruhy. Pre školákov sa používajú Snellenove optotypy, ktoré obsahujú písmená alebo číslce. Tieto symboly sú čoraz menšie, a dieťa musí určiť, ktoré z nich ešte vidí. Deti v školskom veku si ľahko zapamätajú znaky na optotype, preto by sme ich mali často meniť.

Hodnota zrakovkej ostrosti (visus) sa udáva vo forme zlomku, kde v čitateli je hodnota vyšetrovacej vzdialenosti v metroch a v menovateli číslo najmenšieho riadku, z ktorého bolo dieťa schopné rozpoznať aspoň 60 % znakov.

Dôkladné a pravidelné vyšetrenie zrakovkej ostrosti je preto kľúčom k ochrane zraku detí. [1,2,3,4]



Obr. 2. Optotypy.

- Vyšetrenie farebného videnia – dôležitou súčasťou starostlivosti o zdravie očí, najmä u detí. Existuje viacero metód, ktoré lekári používajú na testovanie farebného videnia. Medzi najznámejšie patria Worthove svetlá, Holmgrenove bavlnky, Ishiharove tabuľky, pseudoizochromatické tabuľky, Hue-test a Nagelov anomaloskop. Farebné videnie sa u detí začína preverovať približne vo veku 3 rokov. Okolo 5 roku sa orientačne zisťuje schopnosť pomenovať základné farby, ako sú modrá, zelená, žltá a červená. Vyšetrenie pokračuje počas preventívnych prehliadok až do veku 13 rokov. Rodičia a deti by mali byť o prípadnej poruche informovaní čo najskôr, pretože včasné odhalenie môže zabrániť problémom v škole a neskôr aj pri výbere povolania.



Obr. 3. Pseudoizochromatické tabuľky. [6]

Jednou z najpoužívanějších a najrýchlejších metód na testovanie farebného videnia sú pseudoizochromatické tabuľky. Tieto tabuľky obsahujú body rôznych farieb a jasov, ktoré vytvárajú číslce, písmená alebo geometrické tvary. Človek bez poruchy farebného videnia dokáže rozoznať tieto tvary od farebného pozadia. Vyšetrenie prebieha tak, že dieťa sa pozerá na tabuľky zo vzdialenosti jedného metra pri ideálnom osvetlení, najlepšie pri dennom svetle. Počas testu by dieťa nemalo pohybovať hlavou a malo by byť odpočínuté. Identifikácia tvaru by mala prebehnúť do 15 sekúnd. Táto

metóda je vhodná najmä pre deti v predškolskom veku a dokáže rýchlo odhaliť poruchy vnímania červeno-zelenej farby. Ďalšou známou metódou sú Ishiharove tabuľky, ktoré sú podobné pseudoizochromatickým tabuľkám. Používajú sa na odhalenie porúch vnímania červeno-zelenej farby a sú vhodné pre deti vo veku od 6 do 8 rokov. Pre deti, ktoré majú problémy so žltomodrým videním, sú určené Hardy Rand Rittlerove tabuľky. Tie sa používajú už od veku 4 rokov. Tieto metódy spoločne prispievajú k tomu, aby lekári dokázali presne diagnostikovať poruchy farebného videnia a navrhnúť ďalší postup. Včasný odhalenie problému je kľúčové pre úspešný rozvoj dieťaťa a jeho budúcnosť. [5,6]

- **Vyšetrenie očného pozadia (tzv. červeného reflexu)** – Pri tomto vyšetrení sa používajú špeciálne svetlá na testovanie odrazu svetla od očnej sietnice – oftalmoskop. Ak nie je prítomná žiadna prekážka, lúče sa odrážajú od prekrvanej sietnice a zrenica svieti oranžovo-červeno. Zobrazenie červeného reflexu je fyziologickým nálezom. Tento reflex pomáha lekárovi zistiť, či je oko zdravé a či neexistujú závažné problémy ako katarakta alebo iné abnormality.
- **Vyšetrenie pohyblivosti očí (motility očí) a zorného poľa** – Toto vyšetrenie skúma, ako sa oči pohybujú pri sledovaní predmetu. Zisťuje sa, či sú oči schopné pohybovať sa koordinovane a správne, čo je dôležité pre zdravý zrak a schopnosť sústrediť sa na objekty v rôznych vzdialenostiach. Motilita sa vyšetruje v deviatich základných smeroch pohľadu. Existujú dva druhy vyšetrenia motility: orientačné a kvantitatívne.
- **Vyšetrenie binokulárneho videnia (videnie pozorovaného predmetu obidvoma očami súčasne)** – Binokulárne videnie je najvyššia forma videnia. Jednoduché binokulárne videnie nie je vrodené, ale vyvíja sa postupne [1]. V 6 roku by malo dieťa plnohodnotne integrovať všetky zložky binokulárneho videnia (hĺbku prostredia a perspektívu pozorovaných predmetov).

Tieto vyšetrenia sú kľúčové na včasný odhalenie problémov so zrakom, pretože vývin oka sa zvyčajne ukončuje okolo 8. roku života. Starostlivosť o zdravie očí, najmä u detí, je nesmierne dôležitá, pretože včasná diagnostika dokáže predísť závažným problémom v budúcnosti. Platí, že čím skôr sa očná porucha odhalí, tým väčšia je šanca na jej úspešnú liečbu.

Najčastejšie poruchy zraku u detí

Pri výučbe o poruchách zraku u žiakov je vhodné zamerať sa na tie, ktoré sa vyskytujú najčastejšie. Väčšina zrakových porúch u detí súvisí s problémami v samotnom oku. Najčastejšie ide o chyby refrakčného systému, ktoré ovplyvňujú schopnosť oka správne zaostriť obraz. Tieto problémy vznikajú v dôsledku zmenenej dĺžky oka alebo nesprávneho lomu svetelných lúčov cez rohovku a šošovku, ktoré môžu svetlo lámať buď príliš silno, alebo naopak nedostatočne. Ďalšou častou skupinou porúch sú problémy spojené s binokulárnym videním, ktoré sa prejavujú nedostatočnou koordináciou oboch očí pri ich súčasnom používaní. Tieto poruchy môžu ovplyvniť schopnosť dieťaťa správne vnímať hĺbku a orientovať sa v priestore.

Refrakčné chyby u detí rozdeľujeme do dvoch skupín [7]:

- **Osovo symetrické** – chyba lomivého systému je v každom bode rovnaká – krátkozrakosť a ďalekozrakosť

Krátkozrakosť – zraková porucha, pri ktorej sa svetelné lúče zbiehajú pred sietnicou namiesto na nej. Táto chyba sa koriguje rozptylnými šošovkami, ktoré posúvajú obraz dozadu na sietnicu a tým oslabujú optický systém oka. Deti s krátkozrakosťou vidia nejasne vzdialené predmety, zvyčajne od piatich metrov ďalej. Často si prižmurujú oči, aby lepšie zaostřili, a môžu trpieť bolesťami hlavy z nadmerného namáhania očí. Pri čítaní alebo písaní sa často sklonia veľmi blízko nad knihy, a pri chôdzi držia hlavu sklonenú, aby lepšie videli. Pri ľahkej krátkozrakosti (do -4 D) sú okuliare potrebné len na pozeranie televízie alebo do diaľky v škole. Stredná krátkozrakosť (od -5 D), si už vyžaduje obmedzenie fyzických aktivít, ako sú hlboké predklony, kotúle alebo skákanie. V prípade ťažkej krátkozrakosti sa odporúča úplne vylúčiť telesnú námahu, zdvíhanie ťažkých predmetov a športy, pri ktorých môže dôjsť k otrasom hlavy alebo úderom.[8]

Ďalekozrakosť je opakom krátkozrakosti – svetelné lúče sa lámu tak, že sa zbiehajú za sietnicou alebo až za okom. Táto chyba sa koriguje spojkami (konvexnými šošovkami), ktoré posúvajú obraz dopredu a zosilňujú optický systém oka. Detské oko je pri ďalekozrakosti buď príliš krátke, alebo má nedostatočnú lomivosť optickej sústavy. U malých detí sa môže prejaviť škúlením alebo tupozrakosťou, no niekedy sa nezistí, pretože pružná šošovka tento stav kompenzuje. Ďalekozrakosť často ustúpi v puberte, keď oko rastie. V dospelosti sa však s vekom môže objaviť starecká ďalekozrakosť, keď šošovka stráca elasticitu a schopnosť zaostrovať na blízke predmety. Dieťa s ďalekozrakosťou vidí zle na blízko, pri pohľade na predmety v blízkosti má nejasný obraz, často prižmuruje oči a môže pociťovať pálenie očí či bolesti hlavy. Táto porucha však nevyžaduje žiadne obmedzenia v bežnom živote. [8].

- Osovo nesymetrické – nepravidelné zakrivenie dioptrického systému oka – astigmatizmus

Astigmatizmus je refrakčná chyba spôsobená nepravidelným zakrivením rohovky alebo šošovky, ktoré nemajú pravidelný ploguľovitý tvar. Výsledkom je, že svetelné lúče sa zbiehajú v rôznych bodoch mimo miesta najostrejšieho videnia, čo spôsobuje deformovaný a neostrý obraz. Deti s astigmatizmom môžu mať pocit, akoby sa pozerali cez poškriabané sklo, a môžu trpieť bolesťami hlavy či očí, zahmleným videním alebo chronickými zápalmi spojoviek. Často si nevedome prispôbujú pohľad zvláštnym nakláňaním hlavy. Astigmatizmus sa koriguje cylindrickými sklami a spravidla je dedičný. Počas života sa jeho stav väčšinou nemení a nezhoršuje. [7]

Medzi najčastejšie poruchy binokulárneho videnia u detí patria škúlenie a tupozrakosť. Tieto poruchy ovplyvňujú schopnosť oboch očí spolupracovať a vytvoriť jednotný zrkový obraz.

- Škúlenie (strabizmus) je porucha, pri ktorej jedno oko vychýľuje z normálneho postavenia, zatiaľ čo druhé zostáva rovné. Zdravé oči majú pri pohľade do diaľky rovnobežné osi, no pri škúlení sa jedno oko môže uchýľovať smerom dovnútra k nosu alebo von od neho. Tento stav je spôsobený nesprávnou funkciou okohybných svalov, ktoré zodpovedajú za pohyblivosť a rovnováhu očí. Najčastejšie je postihnuté len jedno oko, ktoré môže byť krátkozraké alebo ďalekozraké, čo spôsobuje vznik neostrého obrazu. To narúša zrkovú spoluprácu očí a môže viesť k oslabeniu videnia na škúliacom oku. Škúlenie nie je len kozmetický problém, ale môže mať aj psychologický dopad na dieťa, preto je dôležité začať s liečbou čo najskôr. Liečba

zahŕňa nosenie okuliarov, cvičenie očných svalov a použitie okluzora na zakrytie zdravého oka, aby sa posilnilo videnie škúliaceho oka. Presnú diagnózu a liečbu stanovuje očný lekár na základe komplexného vyšetrenia, a preto by rodičia nemali tento problém podceňovať.

- Tupozrakosť je zníženie zrakovej ostrosti, ktoré nie je spôsobené chorobnými zmenami oka, ale funkčnými problémami. Oko môže byť tupozraké, ak sa zrakové centrum v mozgu nespracováva informácie z postihnutého oka, pretože sa nevyužíva dostatočne. Tento stav sa často nezistí hneď, pretože dieťa ani jeho okolie nemusia problém včas spozorovať. Tupozrakosť môže vzniknúť v dôsledku rôznych zrakových porúch ako krátkozrakosť, ďalekozrakosť, astigmatizmus, alebo vrodené ochorenia oka, ako je sivý zákal či jazvy na rohovke. Liečba spočíva v cvičení a úplnom vylúčení lepšie vidiaceho oka, aby sa tupozraké oko stimulovalo. Okuliare nie sú vždy potrebné, pokiaľ nie je prítomná zraková chyba. Pre dieťa s tupozrakosťou je dôležité chrániť zrak pred úrazmi, pretože mu chýba priestorové videnie. [8]

Vyšetrenie oka na hodinách fyziky a biológie

Po konzultácii s detskými očnými lekármi sme sa rozhodli pripraviť sériu aktivít, ktoré by prepojili fyzikálne a biologické poznatky o ľudskom oku. Chceli sme, aby žiaci pochopili nielen teoretické princípy fungovania zraku, ale aj ich aplikáciu v reálnom živote. Rozdelili sme tému na dve časti – jednu sme realizovali na hodine fyziky, druhú na hodine biológie. Tento medziodborový prístup sa ukázal ako veľmi efektívny. Žiaci si nielen upevnili vedomosti z oboch predmetov, ale prostredníctvom experimentov si osvojili aj praktické zručnosti a naučili sa lepšie chápať, ako funguje ich vlastné telo.

Na hodine fyziky sme sa sústredili na princípy binokulárneho videnia. Žiaci sa venovali jednoduchým experimentom, pri ktorých si overili význam spolupráce oboch očí pri vnímaní priestoru a hĺbky. Na hodine biológie sme sa zamerali na fyziológiu oka. Žiaci skúmali anatomické časti oka a ich funkcie, pričom si precvičili pozorovanie zreníc pri zmene svetelných podmienok a zisťovali, ako funguje slepá škvrna. Diskutovali sme aj o bežných poruchách zraku a ich korekcii, čím sme tému spojili s praktickým životom.

Biológia

V rámci výučby o fyziológii zraku sme pripravili aktivitu s názvom „*Vyšetrenie netradičným domácim lekárom*,“ zameranú na upevnenie vedomostí a zručností žiakov prostredníctvom praktických meraní a pozorovaní v domácom prostredí. Aktivita bola koncipovaná ako domáca úloha, pričom žiaci spolupracovali so svojimi rodinami. Svoje zistenia následne prezentovali na vyučovaní. (Príloha A alebo B)

Cieľom aktivity bolo prepojenie teoretických poznatkov s praxou, podpora kreativity a rozvoj schopností pozorovania, merania, formulácie záverov a verejnej prezentácie. Zároveň sme sa snažili priblížiť význam vedeckej terminológie a metodológie formou interaktívneho učenia.

Žiaci si doma pripravili potrebné pomôcky – pracovný list, pravítko, meter a pero – a zriadili si „ambulanciu“, kde vykonávali vyšetrenia členov domácnosti. Každý experiment bol podrobne popísaný a výsledky pozorovaní zaznamenané do pracovného listu. Na

záver stanovili „diagnózy“, v ktorých zhrnuli svoje pozorovania pre jednotlivých členov rodiny. Aktivita zahŕňala štyri základné vyšetrenia: pozorovanie zmeny veľkosti zrenice pri zmene intenzity osvetlenia, zisťovanie existencie a prejavov slepej škvrny, overovanie významu spolupráce oboch očí na priestorové videnie a citlivosť na vnímanie farieb pomocou farebných testov.

Táto aktivita ponúka učiteľom skvelý spôsob, ako prepojiť teóriu a prax vo vyučovaní fyziky a biológie. Na základe našich skúseností uvádzame niekoľko odporúčaní, ktoré môžu pomôcť pri jej realizácii:

Zapojenie rodiny: Úlohy sú navrhnuté tak, aby žiaci mohli experimentovať v domácom prostredí a zapojiť členov rodiny. Toto nielen posilňuje ich komunikačné zručnosti, ale umožňuje im tiež vidieť význam fyzikálnych a biologických poznatkov v každodennom živote.

Dôraz na presnosť: Najčastejšie problémy vznikali pri meraní vzdialeností a zaznamenávaní jednotiek. Preto odporúčame, aby učitelia vopred sformulovali jasné inštrukcie a zdôraznili dôležitosť presnosti pri meraní. Je užitočné v rámci hodiny prediskutovať chyby, ktoré môžu vzniknúť, a ukázať, ako ich eliminovať.

Zábava a kreativita: Nezabúdajte na zábavný aspekt aktivity. Povzbudzte žiakov, aby doma vytvorili „ambulanciu“, kde budú experimenty vykonávať. Kreatívne prostredie podporuje záujem o tému a motiváciu k práci.

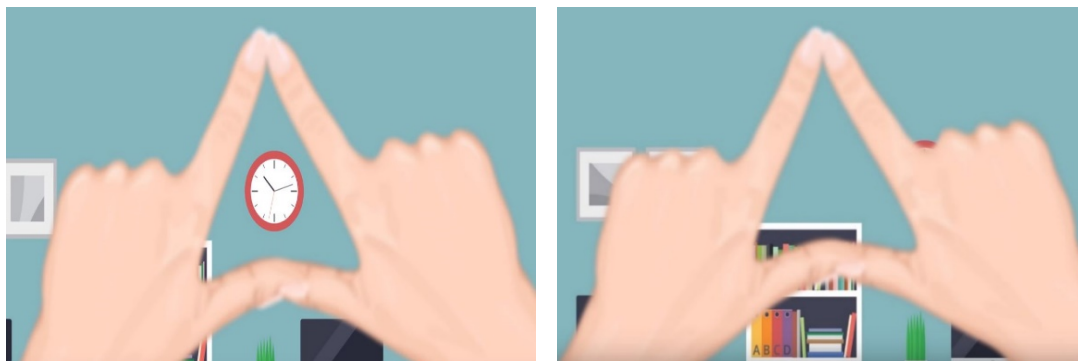
Fyzika

V rámci hodiny fyziky venovanej vyšetreniu oka sme sa zamerali na binokulárne videnie. Vytvorili sme pre žiakov 4 úlohy:

Dominantné oko – Zisti svoje dominantné oko.

Zistenie dominantného oka je užitočné pre každého, kto nosí okuliare alebo kontaktné šošovky, ale aj pre mnohé praktické činnosti. Dominantné oko hrá dôležitú úlohu nielen pri korekcii zraku, ale aj v oblastiach ako fotografovanie a šport, kde sa zameriavate na cieľ iba jedným otvoreným okom (napr. lukostreľba, paintball, baseball či golf).

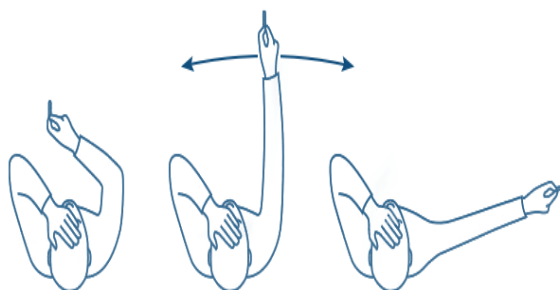
Ak navštevujete očného lekára alebo optika, môžu vám s určením dominantného oka jednoducho pomôcť. Ak nie, môžete si ho zistiť sami pomocou jednoduchého testu:



Obr. 4. Ukážka polohy prstov. [9]

- 1) Spojte ruky tak, aby palce a ukazováky vytvorili malý trojuholník.
- 2) Natiahnite ruky pred seba a vyberte si objekt veľkosti približne 10 cm vo vzdialenosti 3 metre.
- 3) Pozerajte na objekt cez trojuholník oboma očami.
- 4) Striedavo zatvárajte jedno oko a potom druhé. Dominantné oko je to, ktoré udrží objekt v strede trojuholníka.

Zorné pole – Otestujte si svoje zorné pole



Obr. 5. Ukážka testovania. [10]

Osoby, ktoré vnímajú rýchly pohyb kútikom oka, okamžite otočia hlavu. Tento reflex umožňuje včas reagovať na nebezpečenstvo. Dôležité: Tento test robte bez okuliarov!

- 1) Do pravej ruky si vezmite pero a držte ho pred tvárou vo vystretej ruke.
- 2) Voľnou rukou si prikryte ľavé oko. Pozerajte priamo pred seba a udržiavajte smer pohľadu, pričom budete vystretou rukou pomaly do oblúka presúvať pero doprava.
- 3) Zastavte v bode, keď vám pero zmizne zo zorného poľa. Ak máte normálne zorné pole, vaša ruka by mala byť v 90° uhle od východiskového bodu pohybu.
- 4) Teraz vedzte natiahnutú ruku rovnakým pohybom na druhú stranu tela, kým vám pero nezmizne zo zorného poľa. Uhol by mal byť trochu menší, zhruba 60°, pretože nos obmedzuje zorné pole.

Stereogramy

Stereogramy vychádzajú z schopnosti zlúčiť dva odlišné obrazy, čo vedie k vytvoreniu stereoskopického videnia. Toto cvičenie pomáha posilniť pozitívnu relatívnu vergenciu, a preto je obzvlášť vhodné pre deti s divergentným strabizmom. Postupne by sa mal dieťaťu objaviť 3D obraz. Pre zvýšenie obtiažnosti môže dieťa pozorovať stereogram bez fixačnej pomôcky. Alternatívne môže dosiahnuť stereoskopický vnem tým, že sa bude pozerať cez stereogram, akoby pozoroval objekt v diaľke.

Drak, ktorý sleduje Váš pohľad

Majster ilúzií Jerry Andrus vytvoril túto fascinujúcu optickú ilúziu na počesť Martina Gardnera, známeho skeptika a popularizátora vedy a matematiky. Použil na to model draka, ktorý sa zdá, akoby vás sledoval očami, keď sa okolo neho pohybujete. Kľúčom k tejto ilúzii je spôsob, akým náš mozog vníma perspektívu a tvar, spolu s jeho schopnosťou rozpoznávať tváre v rôznych vzoroch (tzv. pareidolia). Náš mozog prirodzene interpretuje

tváre ako konvexné – ich stred (napr. nos) je bližšie k nám než okraje (napr. uši). Hlava draka je však konkávna, čo znamená, že jej stred je prehĺbený smerom od nás. Tento rozpor medzi tým, čo očakávame vidieť, a tým, čo skutočne vidíme, spôsobí, že mozog interpretuje pohyby ako otáčanie draka, ktorý vás sleduje.

Kľúčovým prvkom sú oči draka. Napríklad pravé oko (z pohľadu draka ľavé) je fyzicky ďalej od vás, no váš mozog ho interpretuje ako bližšie, pretože celkový obraz naznačuje, že tvár je mierne otočená. Podobne sa "otočenie" prejavuje aj pri ďalších častiach hlavy, ako sú nosné dierky, zuby či tvar ňufáka.

Osvetlenie a tieň výrazne ovplyvňujú ilúziu – niekedy je zjavná, inokedy menej viditeľná v závislosti od toho, ako dopadá svetlo. Zaujímavé je, že ilúzia je oveľa výraznejšia na videu alebo pri pohľade jedným okom. Priestorové vnímanie (binokulárne videnie) totiž narúša hĺbkový efekt potrebný na to, aby ilúzia fungovala naplno. Ak sa na draka pozeráte kamerou alebo zavriete jedno oko, jeho „otáčanie“ sa stáva oveľa zreteľnejším.

Táto ilúzia je krásnym príkladom toho, ako náš mozog spracúva zdanlivo jednoduché vizuálne podnety a vytvára z nich fascinujúci zážitok.

Podakovanie

Príspevok vznikol ako súčasť riešenia projektu APVV-20-599 Intervenčný program v prírodných vedách a matematike

Literatura

- [1] ZOBANOVÁ, A.: Kedy, proč a jak vyšetřovat zrak u dětí. *VOX PEDIATRIAE: časopis praktických dětských lékařů*, roč. 8, 2008, č. 10, str. 14-16, ISSN 12132241.
- [2] JANČÁROVÁ, H.: Vyšetření zrakové ostrosti - visu u dětí. *Pediatric pro praxi*, roč. 5, 2004, č. 3, str. 155-156, ISSN 1213-0494 (online verze ISSN 1803-5264).
- [3] AUTRATA R., ČERNÁ J. *Nauka o zraku*. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně, 2006. ISBN 80-7013-362-7.
- [4] GERINEC, A. *Detská oftalmológia*. Martin: Osveta, 2005. ISBN 80-8063-181-6.
- [5] FILOUŠ A., RODNÝ S. Depistáž očních vad a onemocnění u dětí. *VOX PEDIATRIAE: časopis praktických dětských lékařů*, roč. 3, 2003, č. 8, str. 16, ISSN 1213-2241.
- [6] ŠTROFOVÁ H., SEDLÁČEK K., JAROŠOVÁ A., TEPLANOVÁ P. Základní oční vyšetření a terapie v praxi praktického lékaře. *Medicína pro praxi*, roč. 9, 2012, č. 6-7, str. 285-290, ISSN 1803-5310.
- [7] OLÁH, Z. a kol. 1998. Očné lékařstvo – Učebnica pre lekárske fakulty. Martin: Vydavateľstvo Osveta, 1998. 255 s. ISBN 80-88824-74-5.
- [8] BENIAK, M. a kol. 1990. Zdravoveda. Martin: Vydavateľstvo Osveta, 1990. 608 s. ISBN 80217-0104-8.
- [9] <https://www.hunting-catapults.cz/blog/dominantni-okoruka>
- [10] <https://www.cocky-kontakti.cz/informace/mate-zdravy-zrak-otestujte-se.html>

Postav základnu na Měsíci & Zkoumej Zemi z vesmíru

Jan Veselý

Planetum – ESERO Česká republika

Abstrakt

Ve dvou dílnách jsme si představili aktivity vzdělávací kanceláře Evropské kosmické agentury (ESA) pro učitele a pedagogy neformálního vzdělávání. Kromě obecného přehledu jsme se zaměřili na projekty Moon Camp a Climate Detectives.

Aktivity vzdělávací kanceláře ESA – ESERO Česká republika

Evropská kosmická agentura (ESA) má 22 členských států. Česká republika je členem ESA od roku 2008 a od roku 2014 u nás operuje národní vzdělávací kancelář **ESERO**. Zkratka znamená **European Space Education Resource Office** a jedná se o projekt divize ESA Education. Od roku 2024 je provozovatelem Vzdělávací kanceláře ESA ESERO Česká republika konsorcium tří vzdělávacích a popularizačních institucí: Planetum – Hvězdárna a planetárium hl. m. Prahy, Hvězdárna a planetárium Brno a Elixír do škol. Strategickým partnerem konsorcia je Česká asociace science center.

Cílové skupiny vzdělávacích aktivit ESA – ESERO

Aktivity ESERO se zaměřují na dvě cílové skupiny:

- pedagogy ve formálním i neformálním vzdělávání
- žáky mateřských, základních a středních škol (19 let)

Obě skupiny ale od sebe nelze oddělit a v rámci činnosti ESERO jsou propojeny šesti hlavními vzdělávacími projekty ESA Education:

- **Climate Detectives** – zaměření na životní prostředí a dálkový průzkum Země (využití satelitních dat), dvě kategorie: Climate Detectives Kids (pro začátečníky) a soutěžní kategorie Climate Detectives – vítězný tým reprezentuje Českou republiku na mezinárodním setkání v některém zařízení ESA
- **Moon Camp** – virtuální stavba základny na Měsíci či jiném vesmírném tělese, 3D modelování; projekt byl původně soutěžní ve více kategoriích, od školního roku 2024/25 si tým sám zvolí úroveň odevzdané práce; všechny týmy obdrží certifikát a možnost účastnit se online besedy s astronautem ESA (v angličtině)
- **Mise X: trénuj jako astronaut** – zaměření na fyzickou aktivitu, „vědecké“ úkoly, vzájemnou spolupráci, doporučeno pro děti předškolního a mladšího školního věku
- **Astro Pi** – programování počítačů na Mezinárodní kosmické stanici, dvě kategorie: Mission Zero pro začátečníky (doporučeno do 14 let, ale není to striktní omezení), Mission Space Lab pro pokročilé – odměnou pro úspěšné týmy je online webinář s astronautem ESA
- **CanSat** – stavba atmosférické sondy, která je v národním finále vynesena do výšky až jednoho kilometru, přičemž musí získávat a předávat data na rádiových vlnách;

technicky nejnáročnější soutěž určená především pro týmy středoškoláků, vítězný tým reprezentuje Českou republiku na mezinárodním setkání v některém zařízení ESA

- **Hack an Exoplanet** – určování parametrů a vlastností planet obíhajících jiné hvězdy než Slunce na základě skutečných vědeckých dat z malého kosmického teleskopu CHEOPS (CHaracterising ExOPlanet Satellite); nesoutěžní aktivita, je k dispozici jako materiál k využití ve výuce

Projekty jsou mezinárodní, a proto u nich zachováváme anglické názvy i v českém prostředí, zejména kvůli logům a vizuální komunikaci společné s ostatními zeměmi. Výjimkou je Mise X, která je určena dětem předškolního a mladšího školního věku.



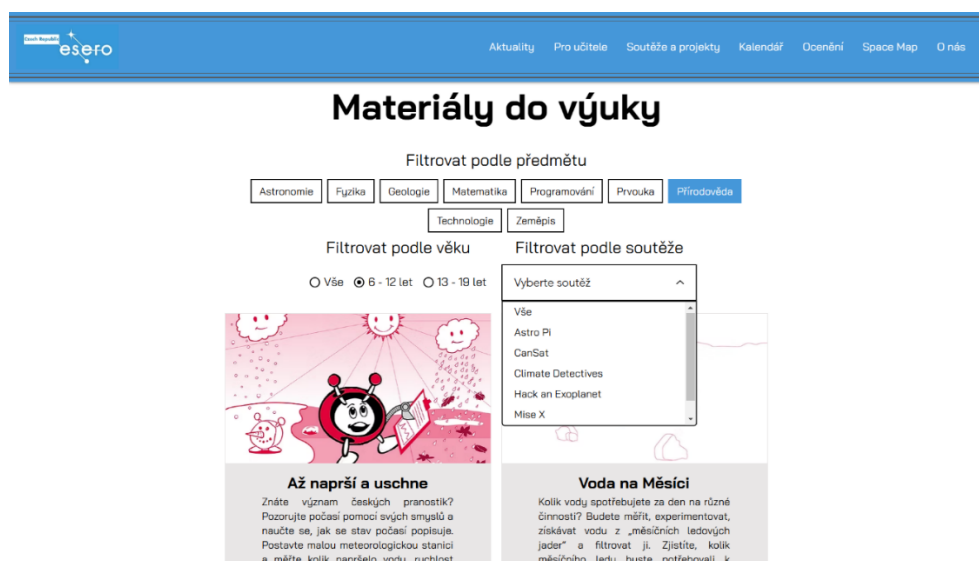
Obr. 1. Projekty a soutěže ESA Education s daty jejich startů ve školním roce 2024/25.

S výjimkou Hack an Exoplanet jsou začátky těchto aktivit každoročně vyhlašovány na začátku školního roku. Lze se však do nich zapojit prakticky kdykoli v jejich průběhu. Některé končí na jaře, Mise X však v tomto školním roce probíhá až do srpna.

S těmito projekty jsou provázány také aktivity pro pedagogy. ESERO pořádá ve školách a vzdělávacích zařízeních po celé České republice workshopy zaměřené na informování o aktivitách a materiálech, které mohou pedagogové využít ve své práci. Ambicí vzdělávací kanceláře není učit učitele, jak mají učit. Jde o inspiraci, jak zařadit vesmírná témata do výuky přírodovědných a technických předmětů. Nebo jak například fyzikální či chemické experimenty, které učitelé běžně zařazují do výuky, „zabalit do vesmírného hávu“.

Podrobnosti lze nalézt na webu [1]. Tento web je také zdrojem materiálů do výuky. Bohatá databáze je rozdělena na dvě kategorie podle věku žáků. Kategorie jsou standardizovány podle ESA Education a nekopírují přesně naše rozdělení na první a druhý stupeň. Dělicí linie je mezi 12 a 13 lety, tedy v šestém až sedmém ročníku školní docházky. Typicky se jedná o soubor ve formátu pdf, který obsahuje stručnou metodiku pro pedagogy a pracovní listy pro žáky. Materiály jsou postupně překládány z mezinárodní databáze ESERO a doplňovány na web. Kromě toho je zde odkaz na celou databázi v anglické verzi.

Všechny materiály jsou zároveň přiřazeny k alespoň jednomu ze vzdělávacích projektů uvedených výše. Na webu [1] lze výběr vhodných materiálů filtrovat podle věku žáků, vyučovacího předmětu i tématu projektů ESA.



Obr. 2. Stránka webu [1] s materiály do výuky.

Kurzy pro učitele v ESA

Kromě workshopů pro učitele, které ESERO pořádá v České republice, doporučujeme také kurzy pro učitele ve vzdělávacím středisku ESA – ESEC v Belgii. Kurzy jsou v angličtině a lze se na ně přihlásit přímo na webu ESA Education [2]. ESA poskytuje ubytování a stravu a proplácí náklady na cestu. ESERO Česká republika může podpořit české učitele, kteří podali přihlášku, a požádat o jejich upřednostnění.

Postav základnu na Měsíci – Moon Camp

V dílně nazvané Postav základnu na Měsíci jsme se podrobněji zabývali 3D modelováním s potenciálem 3D tisku a možností zapojení se do projektu Moon Camp [3]. Jedná se o vzdělávací projekt vedený ve spolupráci mezi ESA a Airbus Foundation v kooperaci se společností Autodesk. Hlavním motivem je základna na Měsíci či jiném vesmírném tělese, ať už ve Sluneční soustavě na planetách, jejich měsících, či asteroidech, nebo třeba na exoplanetě či exoměsíci.

Aktivitu lze využít pro práci se třídou ve škole či jako mimoškolní neformální vzdělávání (například zájmový kroužek, domácí vzdělávání). Lze se zapojit do výzvy, která je týmová, s tím, že počet členů týmu je jeden až šest žáků plus mentor. Mentorem je osoba starší 18 let, která nemůže být členem týmu. V praxi to tedy nemusí být pedagog. Mentorem může být někdo z rodičů, starších sourozenců či kamarádů členů týmu. Všechny týmy, které předloží (odevzdají) svoji práci v rámci projektu, obdrží certifikát o účasti a budou pozváni na závěrečný online livestream s astronautem.

Ačkoli původní podobou projektu Moon Camp Challenge byla soutěž s podtitulem „Postav základnu na Měsíci“ a současným mottem projektu je stále „Postav základnu ve vesmíru“, dnes již nemusí být těžištěm práce žáků jen 3D modelování. Může se jednat o:

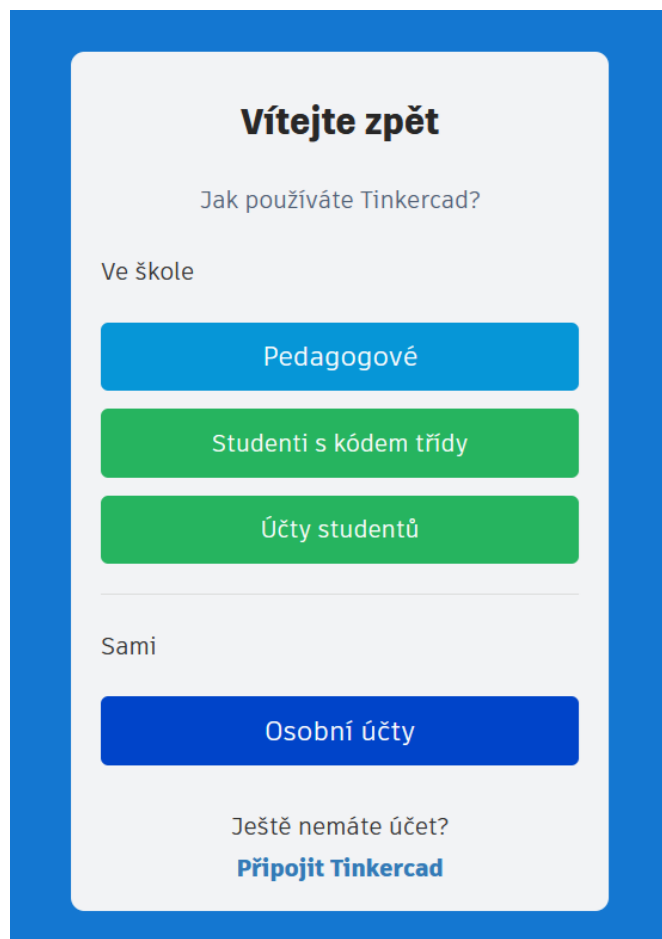
- vědecký experiment
- fyzický objekt, model
- návrh vesmírných infrastruktur

- vzdělávací hru
- 3D návrh základny pro astronauty
- 3D tištěný model
- virtuální nebo rozšířenou realitu

3D modelování / Tinkercad

Pokud se tým rozhodne pro 3D modelování, je doporučeno použít webové aplikace Tinkercad nebo Fusion 360. My jsme se na dílně zaměřili na 3D modelování v prostředí Tinkercad [4]. Ve webové aplikaci Tinkercad lze kromě 3D modelování také zapojovat a testovat elektrické obvody (virtuální Arduino) a je zde také modul pro blokové programování. My se v souvislosti s aktivitou Moon Camp zaměříme na 3D modelování.

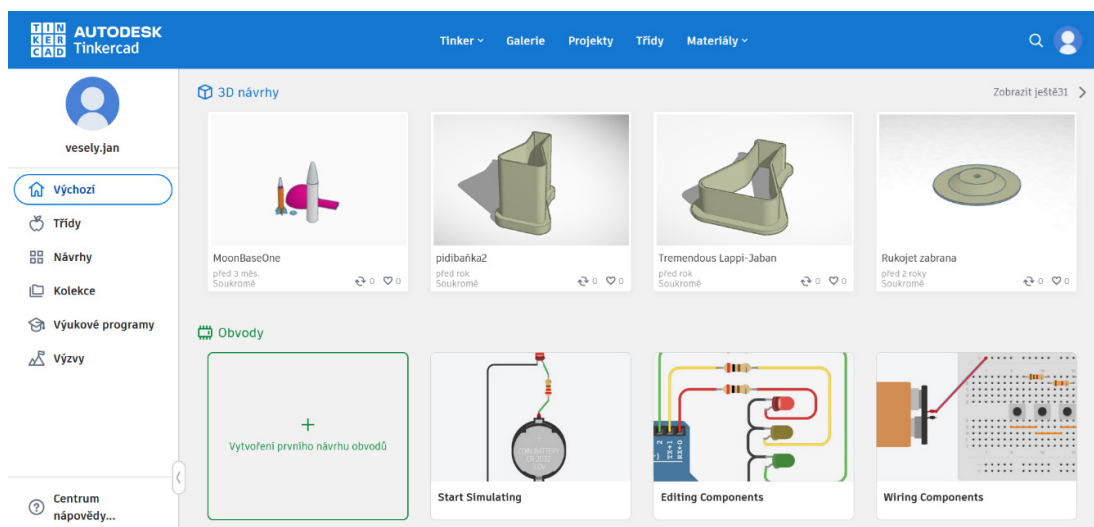
Tinkercad umožňuje založit individuální, ale i učitelské účty. Učitel pak pod svým účtem zakládá třídy, do nichž se žáci přihlásí přiděleným kódem, a v nichž pak učitel může sledovat a kontrolovat práci jednotlivých žáků.



Obr. 3. Přihlašovací okno do online modelovacího prostředí Tinkercad [4]. I na něm je vidět, že aplikace je určena primárně pro práci ve škole nebo se skupinou dětí. Na českém operačním systému se web automaticky zobrazuje v češtině.

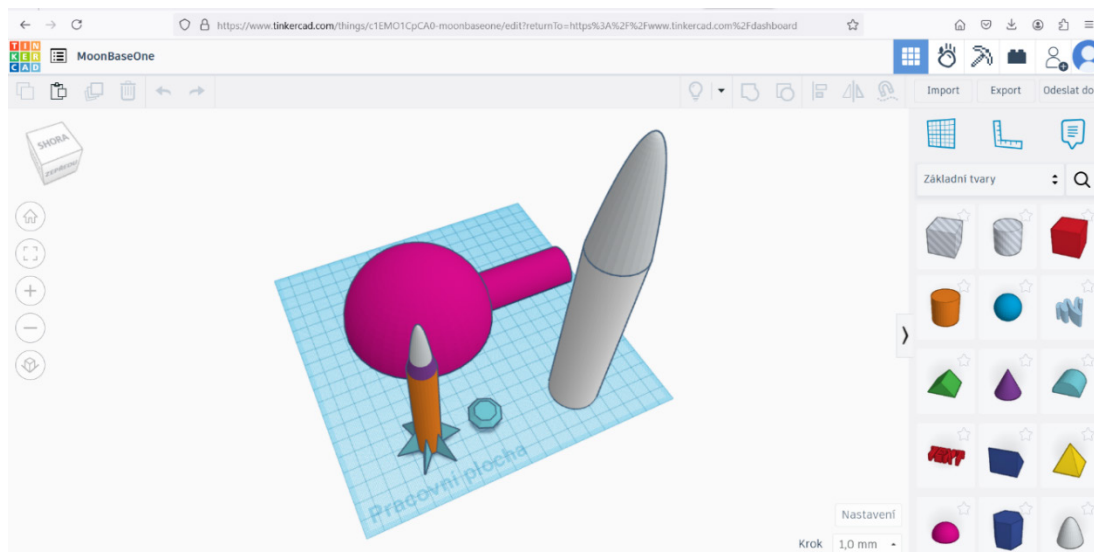
Po přihlášení se uživatel otevře archiv jeho 3D projektů, které se automaticky ukládají během tvorby. Každý nový projekt dostane název vytvořený z náhodných slov – ten je vhodné si hned na začátku přejmenovat do srozumitelné podoby. Viz obr. 4. Na úvodní

stránce je vidět, že Tinkercad obsahuje také emulátor Arduina. Tato část nebyla předmětem dílny, nicméně je možné ji využít v projektu Moon Camp. Tip: vytvořit automatický zavlažovací systém pro skleník zásobující základnu na Marsu řízený Arduinoem.



Obr. 4. Úvodní stránka modelovacího prostředí Tinkercad obsahuje archiv projektů. Ty jsou ukládány automaticky s názvy generovanými z náhodných slov (viz třetí projekt zleva). Při založení nového projektu je vhodné hned na začátku název změnit.

Prostředí Tinkercad je velmi intuitivní, nabízí široké portfolio předem připravených tvarů – geometrických těles, postav, technických součástí apod. Na obr. 5 vidíme prostředí, vpravo knihovnu s nabízenými tvary (lze vybírat z více knihoven) a na pracovní ploše vytvořené příklady 3D objektů, které se mohou vztahovat k tématu Moon Camp. Barevná raketa vlevo byla na pracovní plochu přenesena z knihovny objektů (tvarů), šedý objekt vpravo a fialová základna vzadu jsou vytvořeny „ručně“ autorem.



Obr. 5. Modelovací prostředí Tinkercad s pracovní plochou a databází objektů.

Tinkercad umožňuje vytvořený model exportovat ve formátu .stl (zkratka znamená „stereolitografie“ [5]), který je pak čitelný pro software 3D tiskáren.

Postup při 3D tisku reálného objektu je tedy následující:

- vytvoření virtuálního 3D modelu a jeho uložení ve formátu .stl
- otevření souboru *.stl softwarem dodaným s tiskárnou (například u tiskáren české firmy Prusa Research jde o Prusa Slicer)
- nastavení parametrů (typ plastu, jemnost/hrubost tiskových vrstev, procento výplně)
- vytvoření tiskového souboru (u tiskáren Prusa má příponu .gcode, alternativně .gco, .g, .ngc) a jeho nahrání do tiskárny
- tisk objektu 3D tiskárnou po vrstvách

Závěr č. 1:

Do projektu Moon Camp se lze zapojit kdykoli v průběhu školního roku. Podrobné informace pro týmy jsou na webu [3]. K vytváření virtuálních 3D modelů doporučujeme online prostředí Tinkercad [4]. Nejlepší cestou k osvojení 3D modelování je vrhnout se na experimentování. K získání odvahy může pomoci průvodce 3D tiskem [6]. Varování: vytváření 3D modelů a jejich tisk na 3D tiskárně způsobuje závislost!

Zkoumej Zemi z vesmíru – Climate Detectives

Ve druhé dílně jsme se seznámili s aktivitou Climate Detectives. Ta má dvě úrovně:

1. Climate Detectives Kids

- pro děti ve věku 8 až 12 let, ale lze je snadno přizpůsobit i pro jiné věkové skupiny a úrovně dovedností
- aktivita je týmová, pro účast v týmu není vyžadován minimální ani maximální počet členů, ale doporučuje se, aby tým byl alespoň dvoučlenný, každý tým musí mít podporu dospělé osoby – vedoucí týmu (učitel, mentor, vychovatel nebo rodič); typicky se jedná o aktivitu pro celou třídu, jsou vítány i rodinné týmy
- týmy si vyberou jeden až dva úkoly (ze seznamu doporučených, jedná se o aktivity, které lze zároveň najít jako materiály do výuky – příručky pro učitele plus pracovní listy popsané výše), za jejichž splnění dostávají žáci odznaky – za splnění jednoho úkolu stříbrný, za splnění dvou zlatý
- splněné úkoly může mentor vkládat na web Climate Detectives [7], lze i v češtině

2. Climate Detectives

- účastnit se mohou týmy žáků do 19 let, týmy se musí skládat minimálně ze dvou žáků až po celou třídu
- každý tým musí mít mentora, který působí jako kontaktní osoba týmu s ESERO
- žáci se vžijí do role klimatických detektivů a zároveň se poučí o životním prostředí a zemském klimatu, jejich práce je rozdělena do tří kroků:

- 1) tým identifikuje problém související s životním prostředím nebo klimatem
- 2) žáci zkoumají problém pomocí skutečných satelitních snímků nebo vlastních pozemních měření

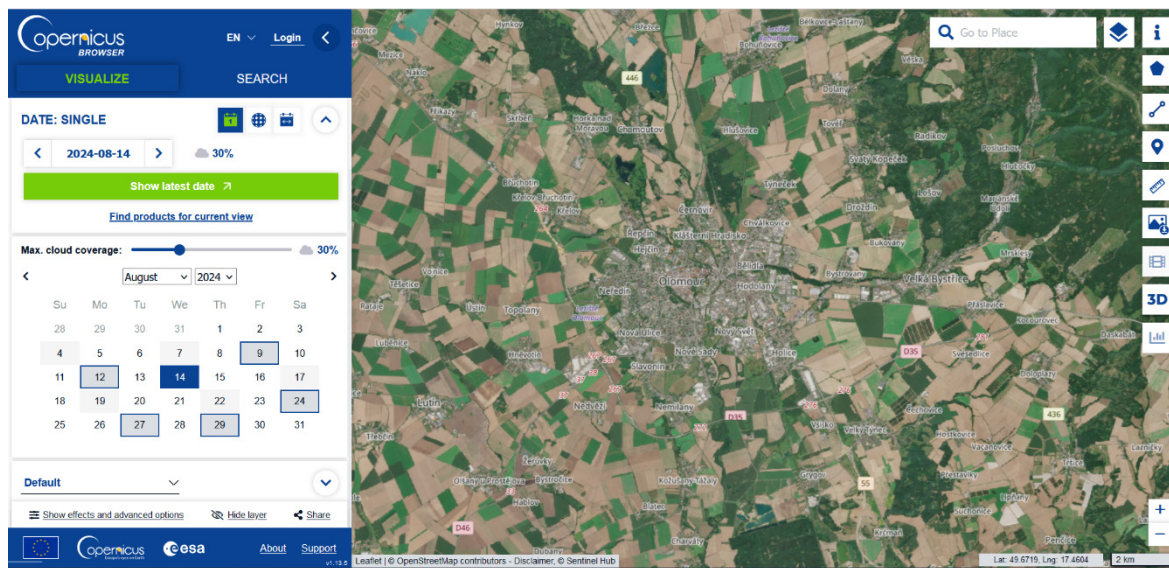
3) tým navrhne řešení problému a sdílí své výsledky

Národní organizátor (ESERO) pak vybere tým, který bude reprezentovat Českou republiku na mezinárodní akci Climate Detectives Summit ve středisku dálkového průzkumu Země ESA – ESRIN ve Frascati (Itálie). Ve školním roce 2024/25 se koná 12. až 13. května 2025. Vybranému týmu je poskytnuto ubytování a stravování zdarma, ESA proplácí účastníkům náklady na cestu.

Kde najít satelitní data

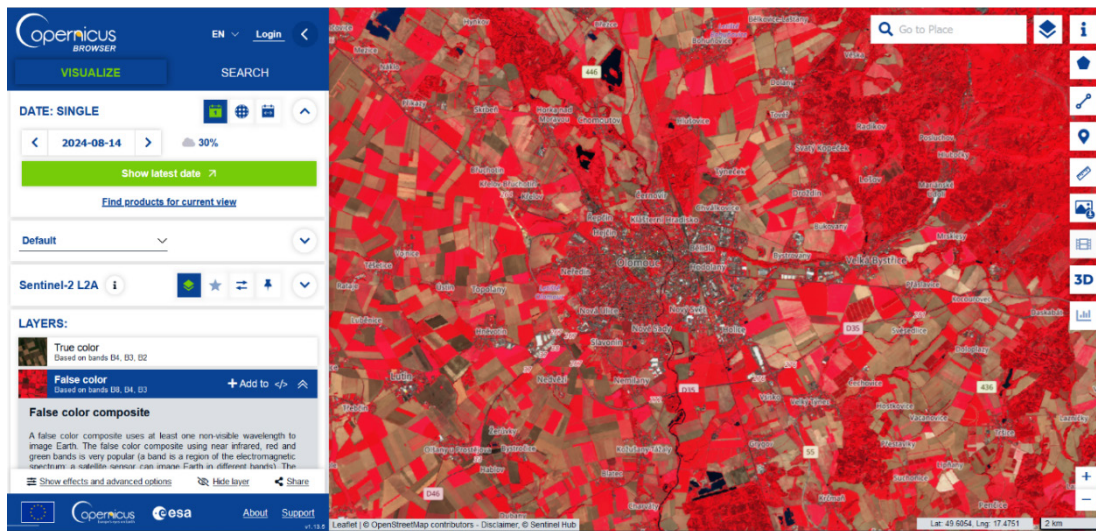
Podrobnosti o zapojení školního týmu do projektu Climate Detectives jsou opět na webu [7]. V části dílny jsme se věnovali ukázce webového rozhraní Copernicus Browser [8], které umožňuje přístup k datům ze satelitů rodiny Sentinel. Jedná se o umělé družice Země, v některých případech jen přístroje umístěné na umělé družici, které financovala Evropská unie a na oběžnou dráhu dopravila ESA. Data z těchto družic jsou volně přístupná a využitelná ve vzdělávání. Celý program nese název Copernicus.

Copernicus Browser zobrazuje snímky získané dvojicí družic Sentinel 2. Družice velikosti osobního automobilu obíhají po přibližně polární dráze a jsou umístěny naproti sobě (úhlová vzdálenost 180°). Skenují v pružích povrch pod nimi rotující Země, ale pokrytí není úplné. Po otevření browseru se tedy nejprve otevře mapa, na níž je třeba vybrat oblast, jejíž satelitní snímky nás zajímají. Vzhledem k místu konání Dílen Heuréky 2024 jsme zvolili Olomouc a okolí. Poté je třeba v kalendáři vybrat datum – kliknutím na datumové políčko se otevře tabulka s daty celého měsíce. Na obr. 6 vidíme, že v kalendáři jsou zvýrazněna data, z nichž existují satelitní snímky vybraného místa. Všimněte si také, že vedle datumu je zobrazena hodnota 30 %. Ta reprezentuje pokrytí oblačností. Po kliknutí můžeme hodnotu změnit – zadáme-li 0 %, znamená to, že se nám nabídnou pouze snímky, na kterých není vůbec žádná oblačnost, zvolíme-li 100 %, nabídnou se nám všechny snímky, včetně těch s úplným pokrytím oblačností (zemský povrch není vidět). Pro ukázkou jsme vybrali datum 14. 8. 2024:



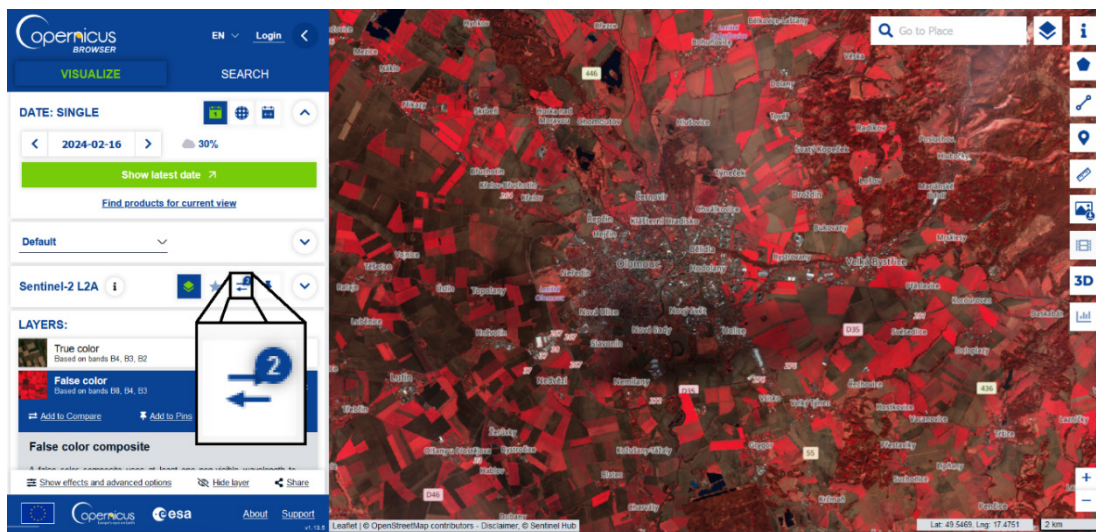
Obr. 6. Výběr data, pro které chceme získat satelitní data.

V okně vpravo je po tomto kroku zobrazena fotografie pořízená ve viditelném oboru. Přes fotografii se stále zobrazují popisky (plně transparentní mapa). Současně se změní ovládací nabídka v levé části obrazovky – objeví se nadpis „LAYERS:“ a pod ním nabídka satelitních snímků v jiném oboru spektra nebo zpracovaných dat z různých spektrálních kanálů v nepravých barvách, z nichž můžeme libovolně vybírat. Zvolme například „False color“, což je kombinace blízkého infračerveného, červeného a zeleného kanálu. Obrázek vpravo se promění:



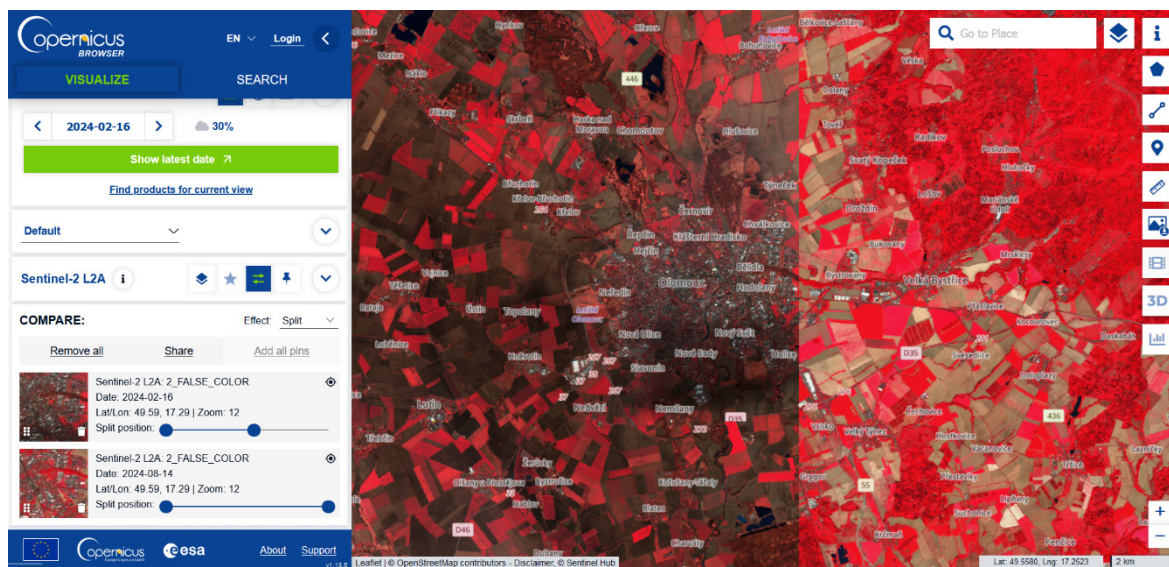
Obr. 7. Zobrazení snímku v blízkém infračerveném oboru v kombinaci s červeným a zeleným kanálem z viditelného oboru.

Zároveň se zobrazí informace, ze které družice data pocházejí (na obr. 7 jde o Sentinel 2 L2A) a další možnosti. Velmi užitečná funkce se skrývá za ikonou dvou vodorovných šipek. Ta umožňuje porovnávat snímky mezi sebou. Když v modrém pruhu „False color“ klikneme na „+ Add to“ a vybereme „Add to compare“, snímek se nám uloží k budoucímu porovnání do vrstvy číslo 1. Pak můžeme zvolit jiné datum – v naší ukázce jsme zvolili 16. 2. 2024 a stejným způsobem uložit další snímek do vrstvy 2. V ikoně se dvěma šipkami se nyní objevila číslice 2:



Obr. 8. Vložení dalšího snímku do vrstvy číslo 2. Ikona ukazující dvě vrstvy je na obrázku zvětšena.

Když v dalším kroku klikneme na ikonu se dvěma šipkami a číslicí 2, zobrazí se v levém sloupci náhledy snímků uložených ve vrstvách. Pomocí jezdců můžeme na obrázku, který je ve vrstvě nahoře, obrázky porovnávat (přejíždět přes sebe):

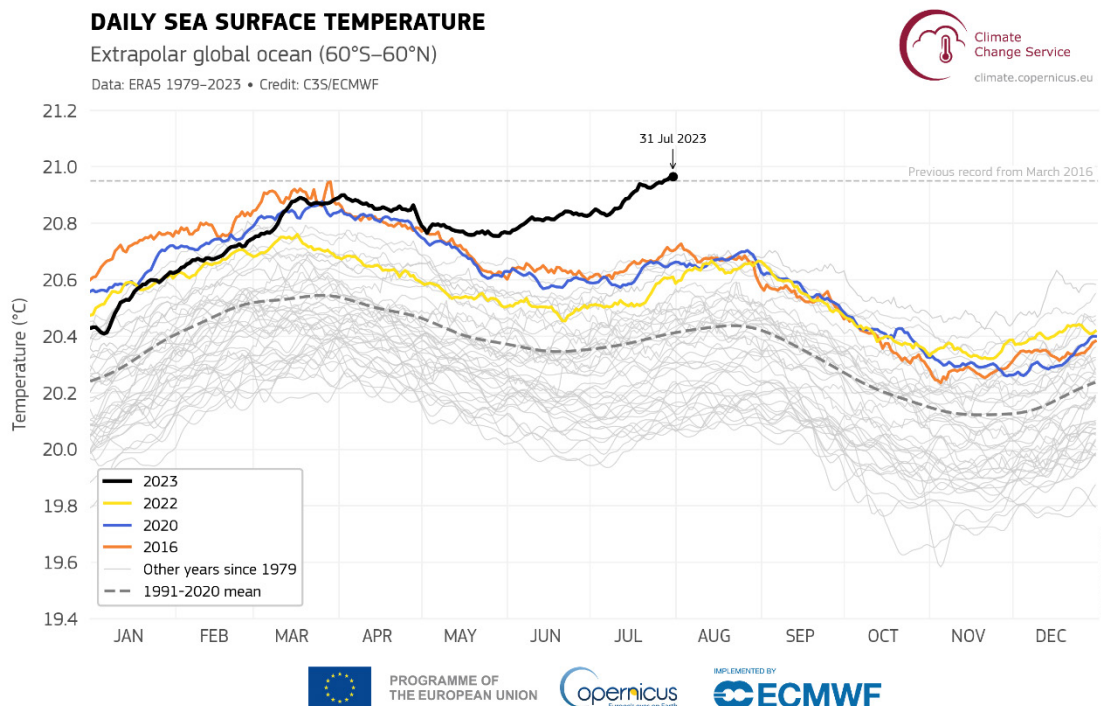


Obr. 9. Porovnávání snímků z různých dní.

Takto můžeme kombinovat i více vrstev, nejen snímky z různých dní, ale také z různých kanálů. Nástroj se výborně hodí do výuky zeměpisu, ale i přírodovědných oborů.

Klimatická detektivka aneb Nejteplejší nebo nejchladnější léto?

Podstatnou část dílny jsme věnovali ukázce využití dat o teplotě povrchu oceánu v červenci 2023 (a v červenci 2024). Této aktivitě je vhodné věnovat dvě vyučovací hodiny. Po krátkém představení programu Copernicus (informace například zde: [9]) postavíme žáky před problém: v červenci 2023 byla družicemi Sentinel v programu Copernicus změřena teplota povrchu oceánu mezi 60° jižní šířky a 60° severní šířky o 0,6 °C vyšší, než je dlouhodobý průměr. Žákům je položena otázka, zda je to hodně nebo málo.



Obr. 10. Teplota povrchu oceánu mezi 60° jižní šířky a 60° severní šířky. Zdroj: Copernicus Climate Change Service/ECMWF.

Hodnota 0,6 °C je sama o sobě malá, ale na druhou stranu je tento teplotní rozdíl oproti normálu indikátorem velkého nárůstu vnitřní energie vody, která se tepelnou výměnou musí uvolnit do atmosféry, kde se projeví zvýšenou kinetickou a potenciální energií.

Prvním krokem je výpočet tepla ($Q = c m \Delta t$), které je rovno energii, jež se tepelnou výměnou uvolní z oceánu do atmosféry. Žáci jsou vedeni k úvaze o tom, do jaké hloubky sahá „povrch“ oceánu, jak vypočítat objem vody a pomocí hustoty (pozor: slané) vody hmotnost, kterou dosadí do rovnice pro výpočet uvolněné energie. V úvahu je také třeba brát tepelnou kapacitu slané mořské vody (nikoli sladké). Žáci jsou vedeni k tomu, aby potřebné údaje aktivně vyhledávali na internetu. Výpočtem pak dojdou k hodnotě uvolněné energie řádu 10^{18} až 10^{19} J (v závislosti na volbě tloušťky „povrchu“ oceánu 1 cm, nebo 10 cm).

Následně hledáme jiné procesy, při nichž by se uvolnila srovnatelná energie:

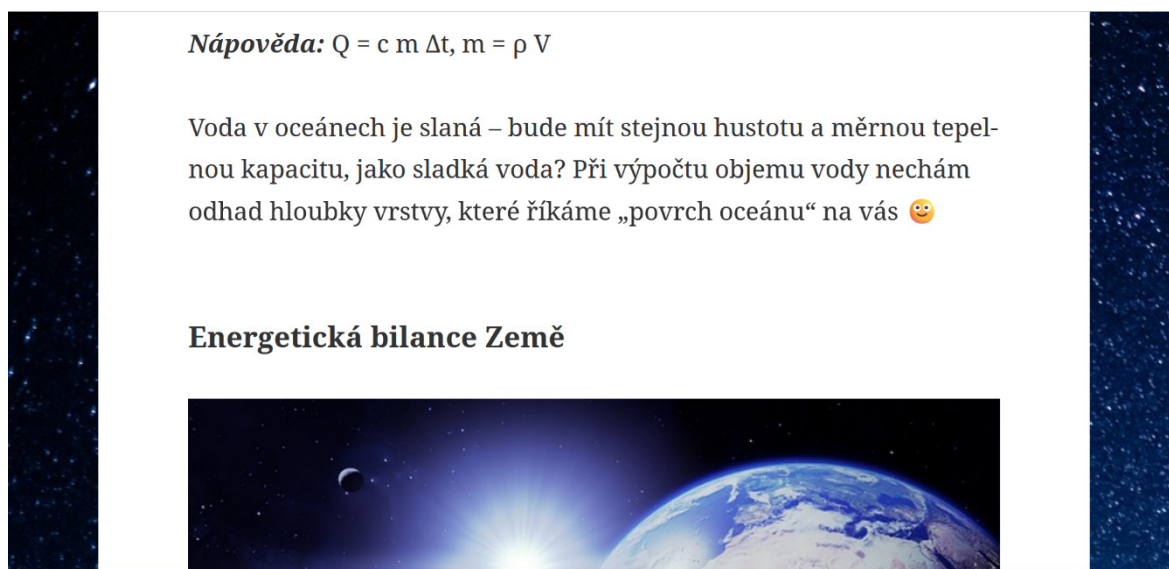
- srážka formule 1 (800 kg; $360 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$) se zdí (včetně úvahy, že veškerá kinetická energie se po srážce nakonec uvolní jako teplo) [$4 \cdot 10^6 \text{ J}$]
- jaderná elektrárna Temelín (elektrická energie „vyrobená“ za půl roku nepřetržité práce obou bloků; tomuto kroku předchází diskuse o tom, za jak dlouho se vypočtená energie z oceánu do atmosféry uvolní) [$3 \cdot 10^{16} \text{ J}$]; půl roku je navrhovaný odhad, který se později ukáže být nepřesným, nicméně poskytuje představu, že za stejnou dobu se z oceánu uvolní tolik energie, jako ve stovkách až tisících „temelínů“
- srážka Země s asteroidem Apophis [řádově 10^{18} J] (údaje o asteroidu najdeme na webu [10])

Také v této části jsou žáci vedeni k aktivnímu vyhledávání potřebných údajů (hmotnost a rychlost F1, výkon obou bloků JETE, hmotnost asteroidu Apophis).

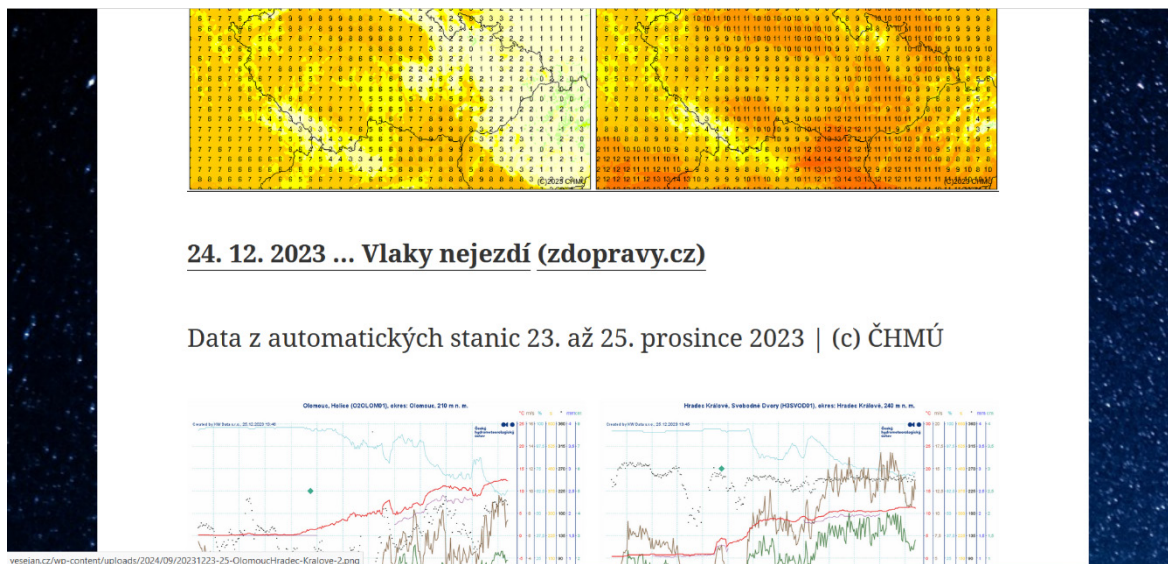
Následuje část ukazující projevy energie uvolněné do atmosféry (vítr, zvýšené srážky, prudké kolísání teplot). Jevy jsou ilustrovány pomocí dat z automatických měřicích stanic ČHMÚ a na článcích z tisku. Tato dílna pro žáky s názvem **Klimatická detektivka** byla zpracována jako html stránka, která je přístupná k použití pro učitele na webu [11]. Tip: web je responzivní – v prohlížeči na počítači zvětšujte kombinací kláves „Ctrl“ + „+“ obraz tak dlouho, dokud nepřejde do režimu zobrazení pro mobilní telefony. Vhodné je zobrazení na celou obrazovku (zpravidla klávesa „F11“). Ukázky (screenshoty) částí webu v popsaném nastavení najdete na obr. 11 až 14:



Obr. 11. Web Klimatická detektivka – ukázka č. 1.



Obr. 12. Web Klimatická detektivka – ukázka č. 2.



Obr. 13. Web Klimatická detektivka – ukázka č. 3.



Tropy budou pokračovat i v září
· Živě

Dnes 5:32 · Letní počasí s tropickými teplotami nás bude provázet v závěru srpna i v úvodu září. Výhled do poloviny příštího týdne slibuje...

Novinky.cz 29. 8. 2024

Novinky.cz » Stalo se » Obavy se vyplnily. Saharu zasáhly nebyvalé deště a povodně

Obavy se vyplnily. Saharu zasáhly nebyvalé deště a povodně

Obr. 14. Web Klimatická detektivka – ukázka č. 4.

Závěr č. 2

Zažili jsme letos nejteplejší léto našich životů. To platilo v roce 2023 i v roce 2024. Možná to letošní léto bylo zároveň nejchladnější z těch, která ještě do konce svých životů zažijeme. Podle dat z programu Copernicus se přebytečná energie z oceánu nestihla do atmosféry uvolnit ani za rok (lze vyčíst z grafů na webu [11]). Zdá se, že se nepohybujeme v kruhu, ale po spirále. Dejme žákům za domácí úkol najít skutečnou příčinu těchto jevů a najít řešení problému klimatické změny. Ne dnes, ale během jejich budoucí vědecké kariéry, kterou je třeba zahájit studiem přírodovědných předmětů – fyziky, matematiky, chemie, biologie.

Výzva pro učitele na úplný závěr

Zapojte se se svými žáky do aktivit vzdělávací kanceláře ESA – ESERO Česká republika. V této dílně jsme si představili přehled aktivit a podrobněji jsme se zaměřili na dvě z nich: Moon Camp a Climate Detectives. **Učte s vesmírem!**

Literatura

- [1] *ESERO Česká republika*. [cit. 26. 11. 2024]. Dostupné online: <https://www.eserocz.cz/>
- [2] *ESA Teach with Space teacher training opportunities*. [cit. 30. 11. 2024]. Dostupné online: https://www.esa.int/Education/Teachers_Corner/ESA_Teach_with_Space_teacher_training_opportunities
- [3] *Moon Camp*. [cit. 29. 11. 2024]. Dostupné online: <https://mooncampchallenge.org/>
- [4] *Tinkercad*. [cit. 29. 11. 2024]. Dostupné online: <https://www.tinkercad.com/>
- [5] STL (zkratka ze „stereolitografie“). [cit. 30. 11. 2024]. Dostupné online: <https://cs.wikipedia.org/wiki/STL>
- [6] Tajduš P.: *Kompletní průvodce 3D tiskem pro začátečníky*. [cit. 28. 12. 2024]. Dostupné online: <https://www.3dtiskjeradost.cz/co-je-3d-tisk-kompletni-pruvodce-3d-tiskem/>
- [7] *Climate Detectives*. [cit. 30. 11. 2024]. Dostupné online: <https://climatedetectives.esa.int/>
- [8] *Copernicus Browser*. [cit. 30. 11. 2024]. Dostupné online: <https://browser.dataspace.copernicus.eu/>
- [9] Země očima Evropy. [cit. 30. 11. 2024]. Dostupné online: <https://www.copernicus.eu/cs>
- [10] 99942 Apophis. [cit. 30. 11. 2024]. Dostupné online: https://en.wikipedia.org/wiki/99942_Apophis
- [11] Veselý J.: *Klimatická detektivka*. [cit. 31. 11. 2024]. Dostupné online: <https://vesejan.cz/>

Kde leží duha

Petr Zacharov

Ústav fyziky atmosféry AV ČR v.v.i., Boční II 1401, 141 31 Praha 4 – Spořilov

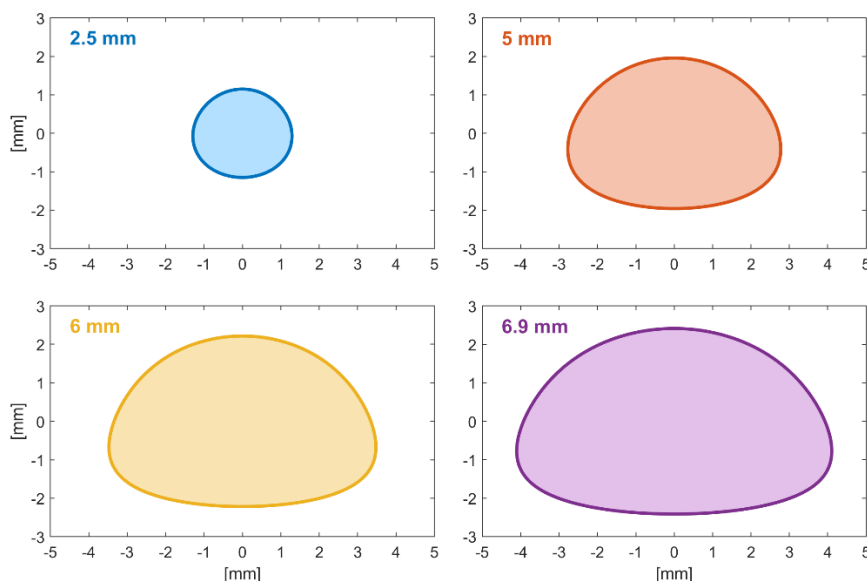
Abstrakt

Duha je nejznámější optická iluze, kterou každý dobře zná. Vzniká lomem a odrazem světelných paprsků v dešťových kapkách. Příspěvek shrnuje vznik duhy a jednoduché experimenty demonstrující duhu nebo její vznik.

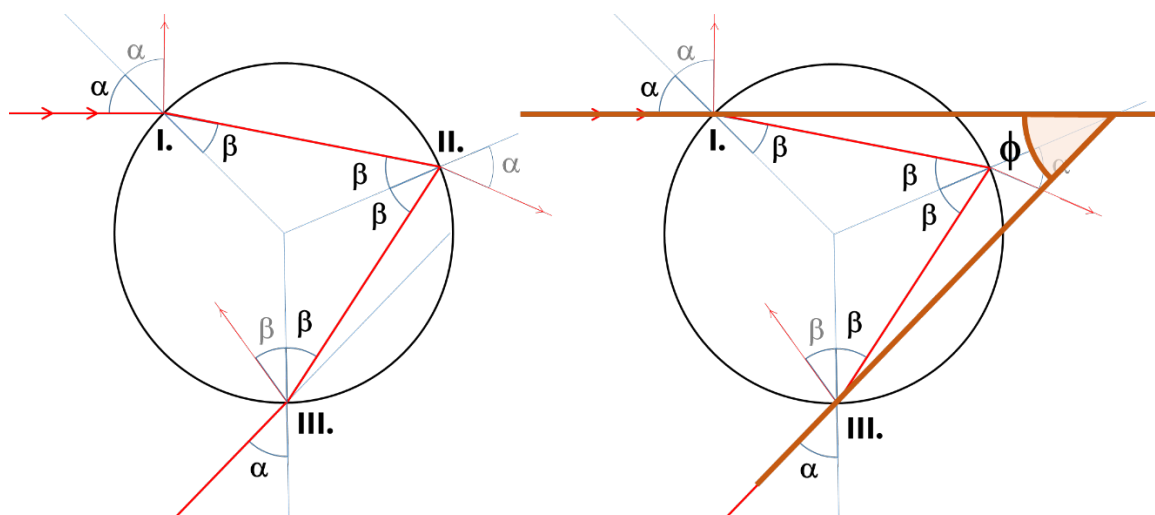
Úvod

Duha je světelný jev, který vzniká lomem a odrazem převážně slunečního světla uvnitř dešťových kapek. Stejně jako děti kreslí kupovité obláčky s buclatou základnou, kreslí i dešťové kapky s tzv. kapkovitým tvarem. I když to vypadá správně, padající dešťové kapky tohoto tvaru, které jsme se pravděpodobně naučili z úžasných obrázků pana Ondřeje Sekory, nejsou bohužel fyzikálně správně. Kapky na jeho obrázcích jsou sice krásné, ale kapka s protáhlou špičkou v horní části visí maximálně těsně pod vodovodním kohoutkem. Po jeho opuštění se povrchové napětí rychle postará o zakulacení kapky. Oblačná ani dešťová kapka takto nevypadá. Ve středních zeměpisných šířkách byly dokonce všechny dešťové kapky původně ledovými částicemi, hranice jejich tání může být v létě okolo 2-3 km nad povrchem Země. Kapka padající z této výšky je tvarována prouděním vzduchu a její tvar tedy není ani „kapkovitý“, a většinou ani čistě sférický. Malé dešťové kapky s průměrem kolem 1 mm ještě připomínají koule, ale větší kapky jsou zespoda zploštělé (viz obrázek 1).

Velké zploštělé kapky sice mají vliv na zploštění horní části duhy, říká se tomu Möbiův posun, ale obecně se duha vysvětluje na menších dešťových kapkách o průměru kolem 1 mm, kde můžeme zploštění kapky zanedbat.



Obr. 1. Tvary dešťových kapek odvozené z měření podle [5]. V obrázku je vyznačena velikost kapky odpovídající průměru kuličky o stejném objemu jako daná kapka.



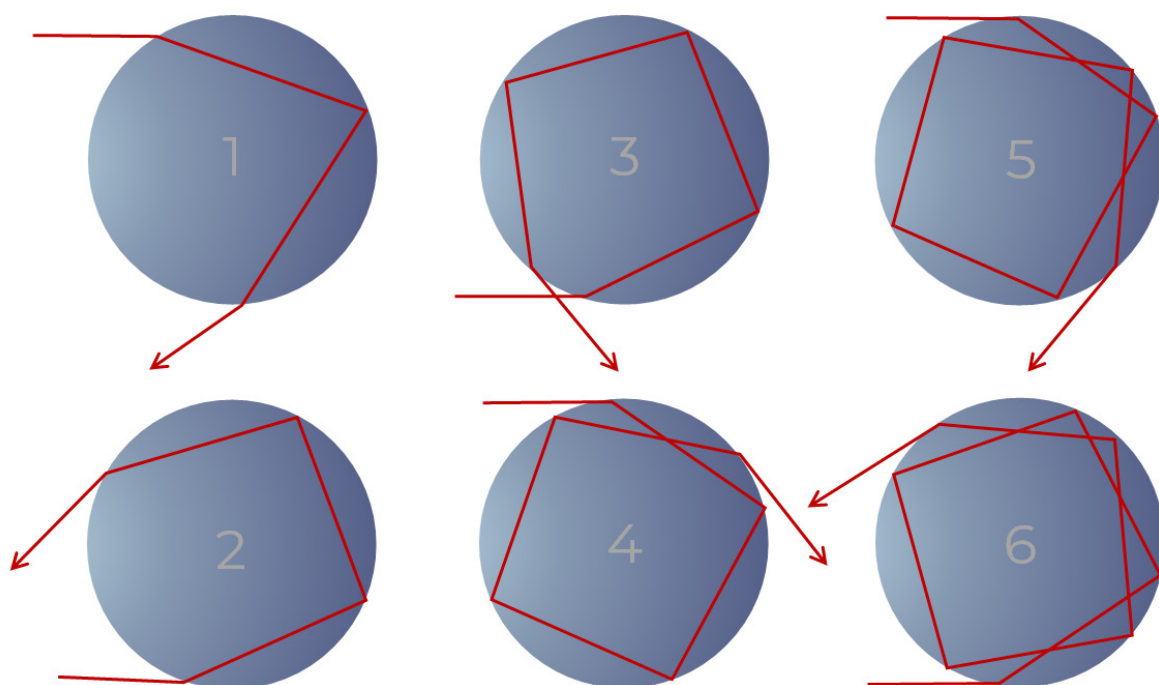
Obr. 2. Vlevo schéma průchodu paprsku světla (červeně) dešťovou kapkou (černý kruh) z kapky při vzniku primární duhy. Římskými čísly je označen lom světla při vstupu světla do kapky (I.), odraz světla v kapce (II.) a lom světla při výstupu světla za kapky (III.). Úhel α označuje vstupní úhel paprsku, který se do kapky láme pod úhlem β . Vzhledem k symetrii a rovnoramenným trojúhelníkům, jsou i ostatní úhly při dopadu paprsku v kapce na rozhraní rovny úhlu β . Vpravo doplněno o vyznačení výstupního úhlu ϕ .

Vznik duhy – trajektorie slunečních paprsků

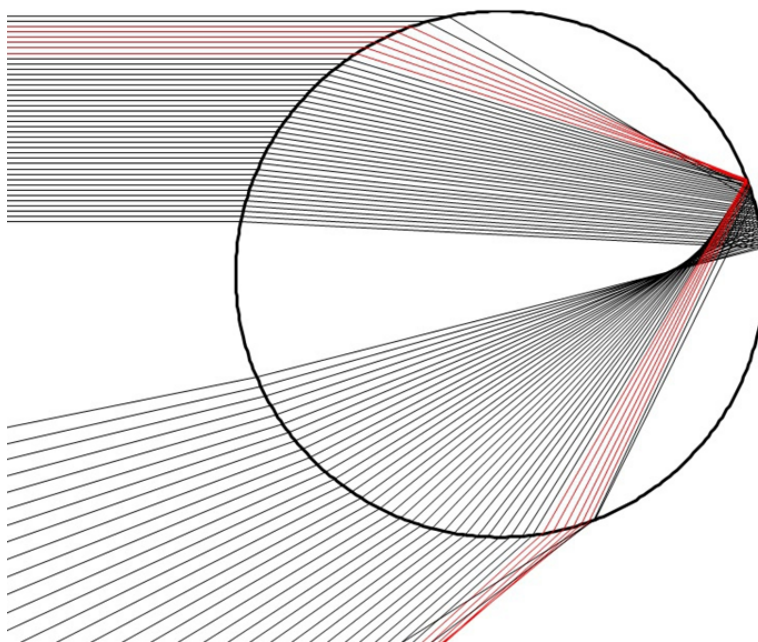
Při vstupu do kapky (viz obrázek 2.1.) se paprsek světla láme podle Snellova zákona, neboť přechází z opticky řidšího do opticky hustšího prostředí. Část světla se na povrchu kapky odráží, poměr intenzit dopadajícího a odraženého světla se dá spočítat z Fresnelových rovnic. Procházející paprsek putuje kapkou a dopadá na opačný okraj kapky (viz obrázek 2.2.), kde část světla prochází a lomí se a část paprsku se odráží zpátky do kapky. Světlo, které v tomto momentě vychází z kapky, ovšem duhu nevytváří. Naopak světlo odražené do kapky už bude vytvářet duhu, dokonce postupně i duhy více řádů. Když totiž odražený paprsek doputuje opět na okraj kapky (viz obrázek 2.3.), zase část světla projde ven a bude tvořit primární duhu (viz obrázek 2-1). Část světla se znovu odrazí zpátky do kapky. A teď si můžeme představit nekonečnou repetici... zbytek světla putuje kapkou až na její okraj, část světla projde ven a vytváří duhu druhého řádu (viz obrázek 2-2), část se odrazí zpět dovnitř. Intenzita světla zbývajícího v kapce se postupně zmenšuje, a proto klesá i intenzita duh vyšších řádů.

I když jsou všeobecně známy pouze duhy prvního a druhého řádu (někdy nazývané duhy primární a sekundární), existují i duhy vyšších řádů, jsou ovšem problematicky detekovatelné. Jednak výrazně ubývá intenzita světla, již duha druhého řádu bývá obtížně viditelná, natož duhy vyššího řádu s ještě nižší intenzitou. Pro duhu třetího a čtvrtého řádu je navíc velkou nevýhodou, že by byly viditelné okolo slunce, nikoli na opačné straně oblohy (viz obrázek 2-3 a 2-4), protože paprsek putující kapkou po třech odrazech z kapky vychází ve směru od slunce a nikoli k němu, jak je tomu u duhy prvního a druhého řádu (viz obrázek 2-1 a 2-2). I přes všechny obtíže však byly duhy vyšších řádů pomocí kvalitní digitální techniky prokázány, např. v [1], [2] a [3].

Rovnoběžné sluneční paprsky dopadají na dešťovou kapku díky zakřivení jejího povrchu pod různými úhly, a také po průchodu kapkou pod různými úhly vystupují. Na rozdíl od vstupního úhlu, který se pohybuje mezi 0° a 90° (viz obrázek 2-I.), je ovšem výstupní úhel pro duhu prvního řádu (viz obrázek 2-III.) shora omezen přibližně hodnotou 42° . Tento maximální úhel se nazývá Descartesův úhel a odpovídá přibližně vstupnímu úhlu 59° . Zde je dobré poznamenat, že výstupní úhel svírá vystupující paprsek s původním paprskem a je orientován vůči směru slunečních paprsků (viz obrázek 2 - vpravo). Paprsky se vstupním úhlem vyšším než 59° z duhy vystupují opět pod menším úhlem. Okolo Descartesova úhlu je tedy vyšší intenzita světla, což pozorujeme na vyšší intenzitě duhy, viz obrázek 4. Odvození Descartova úhlu je pěkná úloha z matematiky, využívající jak planimetrii k určení velikosti úhlů při průchodu paprsku kapkou (viz obrázek 2), určení funkce závislosti velikosti výstupního úhlu na vstupním úhlu, tak derivace a hledání maxima funkce (viz např. [6], [7] nebo [8]).



Obr. 3. Ukázka průchodu paprsku dešťovou kapkou v duhách prvního až šestého řádu – řád duhy je vyznačen uvnitř kapek. Pro duhy prvního, druhého, pátého a šestého řádu se paprsek vrací zpět ke Slunci, duha se tedy nachází na opačné straně oblohy proti Slunci. V duhách třetího a čtvrtého řádu paprsek pokračuje směrem od slunce, duha by tedy byla obtížně pozorovatelná přes déšť v linii mezi pozorovatelem a sluncem. Převzato z atoptics.co.uk.



Obr. 4. Znáznornění průchodu paprsků slunečního světla dešťovou kapkou pro vstupní úhly cca od 10° do 85° . Červeně zvýrazněné paprsky vystupují z kapky pod nejvyšším úhlem blízkým Descartesovu úhlu. Žádný paprsek z kapky nevystupuje pod vyšším úhlem. Na obrázku je patrné shlukování vystupujících paprsků v okolí Descartova úhlu, což vede k vyšší intenzitě světla v této oblasti.

Ve trojrozměrném prostoru to vypadá tak, že je kapka zepředu osvětlena paprsky slunečního světla, a z kapky vychází pouze kužel světla s vyšší intenzitou u povrchu kužele. To se dobře demonstruje pomocí skleněné sférické kapky a baterky, viz obrázek 5.

Zatím jsme ale popisovali pouze cestu paprsku, jeho vstupní a výstupní úhel, ale nebyla řeč o barvách, které jsou v duze zásadní.²⁶ Vzhledem k tomu, že index lomu závisí na vlnové délce světla, se fialové světlo (kratší vlnová délka, index lomu $n = 1,345$) láme pod menším úhlem než červené světlo (delší vlnová délka, $n = 1,331$). A tak je výsledný Descartův úhel různý pro různé vlnové délky, pro červené světlo má hodnotu přibližně $42,4^\circ$ a pro fialové přibližně $40,5^\circ$. Tyto úhly tedy definují duhu prvního řádu, pro duhy vyšších řádů platí jiné úhly.

Stejně úhly pak platí i pro uměle vytvořenou duhu pomocí různých rozprašovačů vodních kapek. Pomocí těchto rozprašovačů bychom mohli vyzkoušet i závislost vzhledu duhy na velikosti kapek. Budeme-li vytvářet duhu na velkých kapkách přímo v rozprašovači, uvidíme duhu s jasně vyjádřenými barvami. Pootočím-li rozprašovač, tak na drobných kapičkách odnášených větrem bude vznikat duha s rozmazanějšími barvami.

Budeme-li chtít pozorovat pěknou duhu v přírodě, ideální podmínky budou v létě na intenzivní podvečerní přehánce. Podvečer je vhodný kvůli výšce duhy, protože je slunce nízko nad obzorem. To by samozřejmě mohlo nastat i po východu slunce, ale to zase nebývá tolik přeháněk, které mají obvykle denní chod a vyskytují se odpoledne a doznívají

²⁶ Říká se, že René Descartes duhu vysvětlil a Isaac Newton duhu obarvil. Newton ale pravděpodobně vycházel z práce Jana Marka Marciho, českého lékaře, fyzika a matematika, jehož práci znal, ale necitoval [13].

podvečer. Pokud bychom výrazně zmenšili kapičky až na droboučké kapičky mlhy, mohli bychom pozorovat duhu s úplně rozmazanými barvami, tzv. bílou nebo mlžnou duhu [9].



Obr. 5. Simulace průchodu světla kapkou – skleněnou koulí o poloměru 5 cm. Vystupující paprsky jsou omezeny Descartesovým úhlem, na okraji kužele je patrná vyšší intenzita světla i rozklad světla do barev. Uprostřed kužele se rozložené světlo skládá zpět do bílého světla.

Světlo každé vlnové délky tedy při výstupu z kapky vytvoří kužel světla s vrcholovým úhlem závislým na vlnové délce. Nejširší bude kužel červeného světla, nejužší bude kužel světla fialového, velikost vrcholového úhlu kužele odpovídá Descartovu úhlu pro každou vlnovou délku. Na povrchu kužele bude daná barva s vyšší intenzitou, než uvnitř kužele. To je způsobeno shlukováním paprsků u pláště kužele, tzn. u Descartova úhlu (viz obrázek 4 a 5).

Složíme-li kužely všech vlnových délek viditelného spektra (s různě velkými vrcholovými úhly), poskládají se nám uvnitř vzniklého kužele barvy zpátky do bílé barvy (viz obrázek 5). Blízko povrchu takto vzniklého kužele budou postupně jednotlivé barvy s vyšší intenzitou od červené po fialovou. A vzhledem k tomu, že každá barva bude mít v sobě již část kužele s delší vlnovou délkou, neodpovídají barvy na povrchu kužele, a ani posléze duhy, barvám spektra, jedná se o barevný mix připomínající barvy spektra. Krajní červená barva tak bude nejčistší, ale oranžová barva už bude mít v sobě příspěvek červené barvy, žlutá barva příspěvek červené a oranžové atd. Na kraji každého kužele odpovídajícího dané barvě bude samozřejmě daná barva s vyšší intenzitou, než příspěvky předešlých barev.

Z toho vyplývá, že duha není barevné spektrum, ale je mu pouze podobná. Barevné spektrum dostáváme pouze při rozkladu světelného paprsku, kde posléze nedochází k žádnému míchání barev.

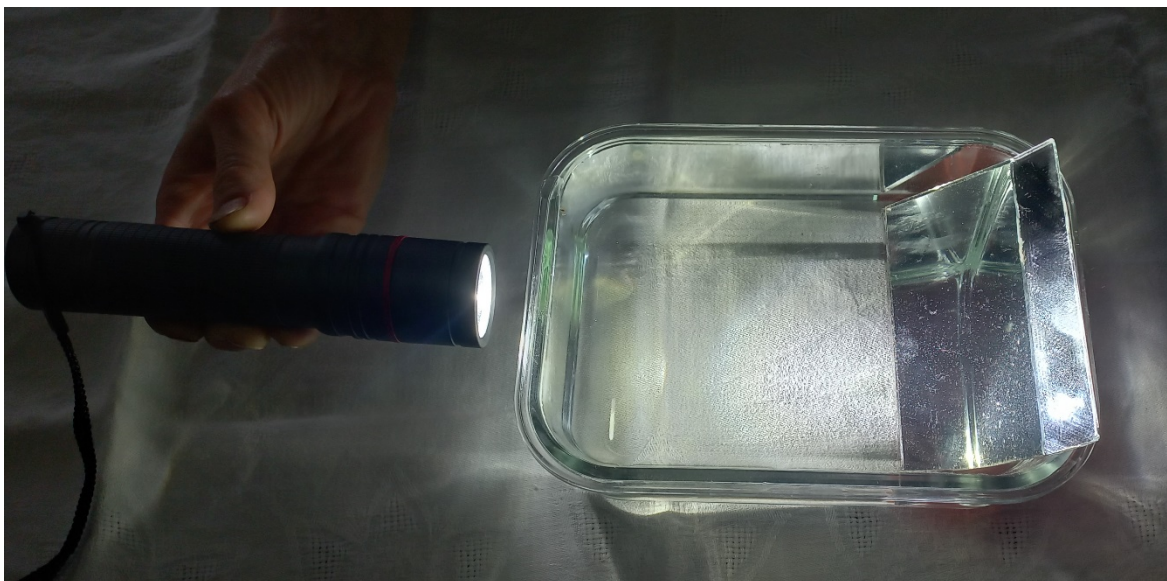
Každá kapka tedy ze světlem ozářeného deště vysílá k pozorovateli kužel světla. Ten samozřejmě nevidí celý kužel světla od každé kapky, ale do oka se mu trefí pouze jeden paprsek a to ještě ne ze všech kapek. Některé kapky se trefí do jeho oka barevným paprskem, některé se mu do oka trefí bílým světlem uprostřed kužele a některé se do oka pozorovateli netrefí žádným paprskem. Z barevných paprsků se pak pozorovateli v očích poskládá duha, paprsky bílého světla pak vytváří světlý prostor uvnitř duhy. Prostor, ze kterého se kapky netrefí do oka pozorovatele žádným paprskem, se na obloze jeví jako tmavý pás vně červeného oblouku. Tento pás končí na začátku duhy druhého řádu a nazývá se tmavý nebo Alexandrův pás [10], protože Alexandr z Afrodisiady byl ve 2. století n. l. prvním, kdo si tohoto jevu povšiml a zaznamenal ho ve svých spisech o optických jevech.

Z tohoto rozboru vyplývá, že duha se pozorovateli skládá v očích z jednotlivých barevných paprsků, a není tedy přímo na kapkách deště, jak si běžný fyzikou nepolíbený občan představuje. Jedná se pouze o optickou iluzi. To můžeme demonstrovat použitím polarizačního filtru, kterým „vymažeme“ duhu z oblohy, protože je tvořena silně polarizovaným světlem. Tento pokus se bohužel nafotit nepodařilo.

Další pokusy

Do předchozí kapitoly se nevešly ještě další dva duhové pokusy. K prvnímu z těchto zbývajících pokusů použijeme misku s vodou, baterku a zrcátko. Misku naplníme po okraj vodou, na kraj opřeme zrcátko (viz obrázek 6) a při troše hraní s úhly dostaneme na stínítku (zdi) něco jako duhu (viz obrázek 7). I když se nejedná o kapku vody, LED baterka nemusí obsahovat všechny barvy spektra nebo nemusí je obsahovat rovnoměrně, se přesto jedná o efektní pokus vhodný zejména pro mladší posluchače.

Nicméně si pokus zachovává základní principy vzniku duhy, a to lom světla na rozhraní vzduch-voda s rozložením paprsku na jednotlivé barvy, odraz paprsků na zrcátku (odraz na rozhraní voda-vzduch v kapce) a lom světla na výstupu světla z vody.



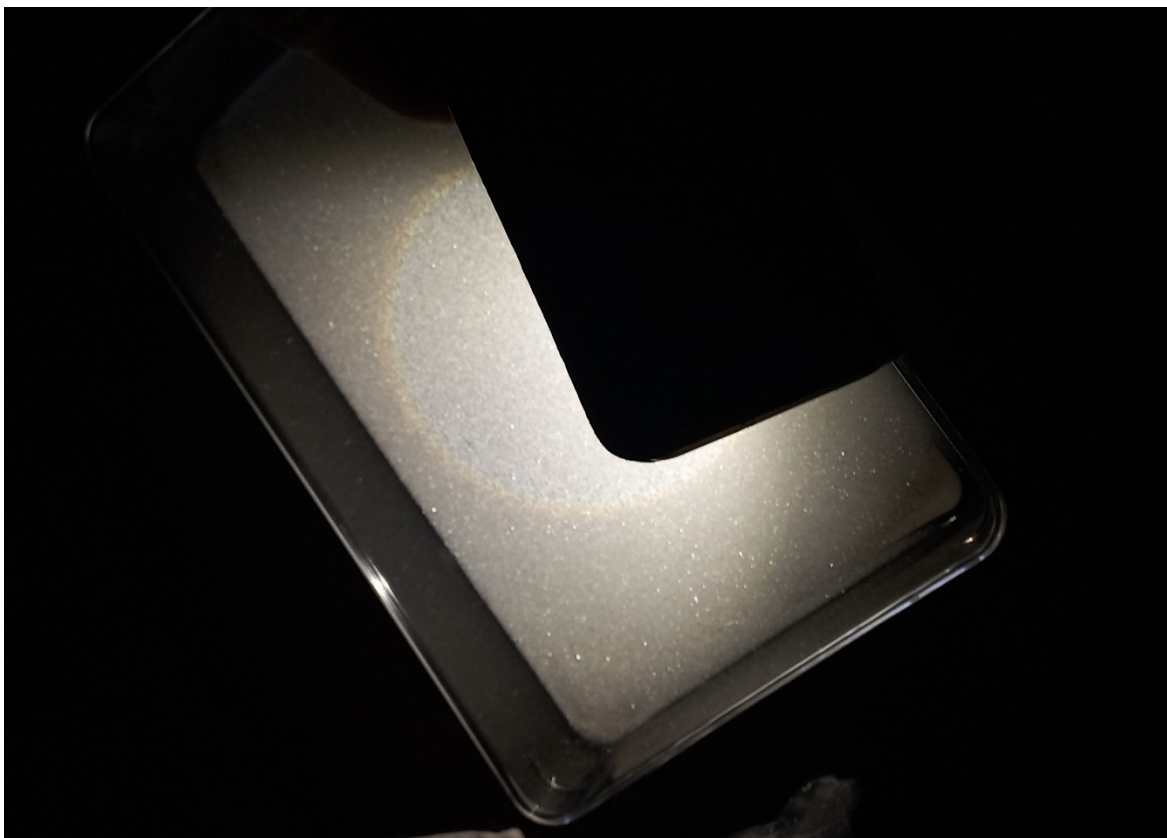
Obr. 6. Pokus s duhou, ke kterému potřebujeme misku s vodou, baterku a zrcátko.



Obr. 7. Výsledek pokusu z obrázku 6.

Ke poslednímu pokusu budeme potřebovat miniaturní skleněné kuličky, v pokusu jsou použité kuličky o průměru 300-400 μm , zakoupené na www.sklenene-kulicky.cz (<https://sklenene-kulicky.cz/3444-balotina-tf-9-300-400-my-2000000004020.html>). Jako zdroj světla se osvědčil mobil, takže si každý student může vytvořit svoji duhu posvícením na hladkou vrstvu skleněných kuliček (viz obrázek 8). Pozor, je dobré kuličky opatrně vysypávat do rovné misky a stejně tak opatrně uklízet, poněvadž po vysypání na podlahu mohou způsobit úraz – fest kloužou.

Tento pokus je bohužel z mé strany teoreticky nedořešený, neboť se zdaleka nejedná o svazek rovnoběžných paprsků, ale mobil osvětluje skleněné kuličky kuželem různoběžných paprsků. První snahy o pokus byly s většími kuličkami a baterkou z pokusu na obrázku 5 a 6. Tohle nastavení ovšem nefungovalo. Děkuji tímto paní učitelce z Olomouce (omlouvám se za neznalost jména), která mi poradila, abych zkusil menší kuličky a jako zdroj světla mobil. Duha je efektní, i když jsem si ji zatím nevysvětlil. Tento pokus má však ještě jeden přínos. A tím je důkaz neexistence duhy na skleněných kuličkách. Stojí-li student nad kuličkami a osvětluje-li je mobilem, vidí duhu. Ostatní, kteří se od pokusu vzdálí, duhu na kuličkách nevidí. To je tedy důkazem toho, že duha je optická iluze a ve skutečnosti není „nakreslena“ na kapičkách deště. Při tomto pokusu můžete také použít polarizační filtr, např. na slunečních brýlích, a umažete si tak pro sebe část duhy, jak už bylo v předchozím textu zmíněno.



Obr. 8. Duha vzniklá posvícením mobilem na hladkou vrstvu miniaturních skleněných kuliček.

Závěr

Duha je úžasná optická iluze, kterou každý člověk zná. Nenachází se ale na dešťové přeháňce, jak se tak obecně očekává, ale v očích pozorovatele. Každý má v očích svoji unikátní duhu. Ale pozor, ne každý barevný proužek na obloze je duha! V přírodě můžeme vidět řadu halových jevů, které vznikají na ledových krystalcích. Od duhy se liší hlavně polohou u slunce, na rozdíl od duhy, kterou vidíme na opačné straně oblohy. Barevné proužky okolo zdroje světla, na krajích oblačnosti nebo kolem stínů na oblačnosti zase vznikají jako interferenční obrazce ohybem světla. A i když si to Dagmar Honsová myslí, neexistuje žádná obrácená duha na dešti, který z oblohy nedopadá na zemský povrch [4]. Tzv. obrácená duha z článku je cirkumzenitální oblouk [11], který se dotýká shora malého hala [12], bílého kruhu okolo slunce. Zásadním rozdílem cirkumzenitálního oblouku a duhy je hlavně pozice na opačné straně oblohy a neexistence dešťové přeháňky a dešťového oblaku v pozadí.

A poslední tři věty? Určitě jste slyšeli, že se na konci duhy nachází poklad. Ale vzhledem k tomu, že duha začíná a končí v očích pozorovatele/partnera vedle Vás, je potřeba hledat poklad v jeho očích. Přeji příjemnou zábavu!

Poděkování

Děkuji anonymnímu recenzentovi za podnětné dotazy a návrhy změn textu. Zároveň děkuji za nalezení spousty dalších otázek a vybízím ho tímto k dobrovolnému „od-anonymizování“ ☺ a společné snaze o řešení vzniklých otázek.

Literatura

- [1] Grossmann, M., Schmidt, E. and Haussmann, A., 2011: Photographic evidence for the third-order rainbow, *Applied Optics*, **50**, 134-141. Dostupné online: <https://opg.optica.org/ao/abstract.cfm?uri=ao-50-28-f134>
- [2] Theusner, M., 2011: Photographic observation of a natural fourth-order rainbow, *Applied Optics*, **50**, 129-133. Dostupné online: <https://opg.optica.org/ao/abstract.cfm?uri=ao-50-28-f129>
- [3] Edens, H., 2014: Photographic observation of a natural fifth-order rainbow, *Applied Optics*, **54**, 26-34. Dostupné online: <https://opg.optica.org/ao/abstract.cfm?uri=ao-54-4-b26>
- [4] <https://www.novinky.cz/clanek/koktejl-na-slovensku-videli-opacnou-duhu-204922>
- [5] Thurai, M., Huang, G. J., Bringi, V. N., Randeu, W. L. and Schönhuber, M., 2007: Drop Shapes, Model Comparisons, and Calculations of Polarimetric Radar Parameters in Rain. *J. Atmos. Ocean. Technol.*, **24**, s.1019–1032. Dostupné online: https://journals.ametsoc.org/view/journals/atot/24/6/jtech2051_1.xml
- [6] Odvození vzniku duhy, <http://ukazy.astro.cz/duha-vznik.php>, [cit. 14.1.2025]
- [7] <https://www.reed.edu/math/wieting/essays/Rainbow.pdf>
- [8] https://www.stewartcalculus.com/data/ESSENTIAL CALCULUS 2e/upfiles/instructor/ec-1t_wp_0301_inst.pdf
- [9] Duha bílá, <http://slovník.cmes.cz/heslo/755>, Elektronický meteorologický slovník (eMS) [cit 14.01.2025]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz>
- [10] Pás tmavý, <http://slovník.cmes.cz/heslo/2573>, Elektronický meteorologický slovník (eMS) [cit 14.01.2025]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz>
- [11] Oblouk cirkumzenitální, <http://slovník.cmes.cz/heslo/2363>, Elektronický meteorologický slovník (eMS) [cit 14.01.2025]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz>
- [12] Halo malé, <http://slovník.cmes.cz/heslo/1026>, Elektronický meteorologický slovník (eMS) [cit 14.01.2025]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz>
- [13] Ivan Štoll, 2009: Dějiny fyziky. Prometheus, 582 pp.