
Univerzita Karlova v Praze, Matematicko-fyzikální fakulta

Dílny Heuréky 2005

Sborník konference
projektu Heuréka

Prometheus

Dílny Heuréky 2005

Sborník konference projektu Heuréka (Náchod, 23.-25. 9. 2005)

Editor sborníku: Doc. RNDr. Leoš Dvořák, CSc.

Projekt Heuréka byl v roce 2005 podpořen rozvojovým projektem MŠMT ČR „Heuréka II – rozvoj aktivizujících forem vzdělávání učitelů fyziky“, projektem „World Year of Physics 2005: Teachers and Universities Together – to meet new challenges in science education“ podpořeným UNESCO a evropským programem Science On Stage. Tato podpora umožnila i vydání tohoto sborníku.

1. vydání

© Leoš Dvořák za kol., 2006

ISBN 80-7196-334-8

Obsah

Úvod	5
Z. Broklová: Denní tisk ve fyzice	7
M. Burda: Blikátko	18
M. Černá: Svíčka ve fyzice	24
M. Česal: Astronomická kuchařka aneb několik pokusů z astronomie	30
Z. Drozd: Zkoumáme vzduch	35
L. Dvořák: Pokusy se zvukovou kartou	39
S. Gottwald: Smyslové hrátky	49
M. Jílek: Trhání vody	57
J. Koupil: Zkoumáme vlastní oko	63
R. Kusák: Fyzika v karate	71
G. Planinšič: Single water-drop	75
G. Planinšič: Colour LED light mixer	79
Z. Polák: Teplo a teplota	82
Z. Rakušan: Bavíme fyzikou	97
J. Reichl: Fyzika v lékařství	105
A. Schwabacher, V. Pazdera: Jednoduchý spektroskop	118
J. Vinter: Logaritmické pravítko	121
M. Zoubek: Lego a RoboLab ve fyzice	127
P. Žilavý: Tajemství ochranného kolíku	138
Autoři příspěvků	147

Úvod

Projekt Heuréka možná ani není nutno příliš představovat. Řada učitelů fyziky již o něm slyšela na různých konferencích a seminářích věnovaných fyzikálnímu vzdělávání či při jiných příležitostech. Takže snad stačí připomenout, že v Heuréce se učíme a zkoušíme, jak učit fyziku netradičně. Tak, aby ji nebylo nutno vykládat jako soubor faktů, pouček a vzorců, které je třeba se „našprtat“, ale aby si z ní žáci a studenti co nejvíc „objevili“ sami. Taková výuka je pro většinu žáků zajímavější a víc jim dá.

Podobné metody či prvky metod (ať už jim říkáme heuristické, konstruktivistické či jinými odborně znějícími termíny) samozřejmě v praxi používá i řada učitelů, kteří o Heuréce nevědí nebo se na ní z jakýchkoli důvodů nepodílejí. Myslet si, že pouze náš projekt je tím „jediným spravedlivým“, který spasí výuku fyziky u nás, by byla megalománie. Nehledě na to, že o dobrých a vynikajících učitelích fyziky mimo Heuréku víme. A konec konců, celý projekt se vyvinul „zdola“, od učitelů, nikoli od akademických teorií. Snad ale není neskromné konstatovat, že Heuréka je projektem zajímavým a přínosným. Mimo jiné i proto, že nabízí učitelům a dalším pracovníkům prostor pro *neformální spolupráci*.

Zkušenost ukázala, že učitelé fyziky velice oceňují možnost dát se dohromady. Scházet se, vyměňovat si zkušenosti, radit se o problémech a vzájemně se inspirovat svými nápady. Příležitostí je k tomu v seminářích a dalších akcích Heuréky dost, jak se lze přesvědčit na webových stránkách [1]. A tak asi není divu, že parta „kolem Heuréky“ se už rozrostla na asi osmdesát lidí, většinou učitelů a budoucích učitelů fyziky. Dodávat, že lví podíl na úspěšném rozvoji Heuréky má obrovský elán a energie, kterou do ní vkládá její zakladatelka Irena Koudelková, je pro ty, co ji znají, nošením dříví do lesa. Projekt ale nyní žije a rozvíjí se i díky práci mnoha dalších lidí.

Růst počtu účastníků a s ním spojené rozdělení seminářů Heuréky do několika „řad“ vedl k hledání cest, jak zachovat kontakt všech, kdo na projektu participují. Jednou z odpovědí jsou společné „velké semináře Heuréky“, které se od roku 2002 každoročně konají na Jiráskově gymnáziu v Náchodě. Co do počtu a spektra účastníků je lze označit za malé konference či dokonce „konference s mezinárodní účastí“. Konference v září 2005, již se týká tento sborník, se zúčastnilo 74 účastníků, z toho šest ze Slovenska a po jednom z Holandska a ze Slovinska.

Jinak si ovšem náchodské konference stále zachovávají neformální charakter: spíme ve třídách ve spacích pytlích, o jídlo se stará každý sám. Navíc nejde o klasickou konferenci s přednáškami a postery. Program má formu dílen, vedených samotnými účastníky projektu. V roce 2005 jich bylo již 17, čímž jsme se asi přiblížili rozumnému maximu toho, co jde od pátku večer do neděle odpoledne stihnout. Každá dílna trvala hodinu a půl a několikrát se opakovala: dvě z dílen dvakrát, dvě třikrát, 13 dílen čtyřikrát. Každý účastník, pokud nebyl sám vedoucím, mohl stihnout až devět dílen. Dílny byly většinou věnovány experimentům, ale jak uvidíte i z tohoto sborníku, neplatí to výlučně. Program doplnilo vystoupení Michala Zoubka o tvorbě Školního vzdělávacího programu na jejich škole a večerní demonstrace zajímavých optických experimentů, které nám ukázal dr. Gorazd Planinšič z University of Ljubljana ze Slovinska.

Námětů z jednotlivých dílen je řada a i když většinou těžko může jít o experimenty zcela nové, jejich provedení, metodika či návaznost zahrnují mnoho původních nápadů. Nápadů a zkušeností, jichž by bylo škoda nevyužít. Ovšem ne vše si každý zapamatuje v průběhu dílny, ne vždy se podaří navštívit všechny dílny, které by člověk chtěl (jak už bylo řečeno, tento handicap mají především vedoucí dílen), ne všichni „lidé z Heuréky“ vždy mohou do Náchoda přijet a hlavně – proč si schovávat nápady jen pro účastníky projektu? Takže bylo

logické, když se Heuréka před přiblížila standardním konferencím i tím, že asi před rokem vydala první sborník příspěvků [2] (pokrývající dokonce dva ročníky konference).

Jedna vlastovka prý jaro nedělá. Dvě nejspíš také ne, ale přece jen teď, v předjaří 2006, se klube na svět sborník druhý. I ten je krokem vpřed – tím, že je striktně *recenzovaný*. V minulém [2] jsem ještě coby editor příspěvky víceméně neformálně recenzoval sám, nyní byli recenzenty pracovníci fyzikálních kateder a ústavů MFF (včetně katedry didaktiky fyziky). Za jejich nezištnou pomoc, která pomohla zkvalitnit řadu příspěvků, jim patří můj veliký dík.

Co ještě dodat? Možná to, že Heuréka se snaží „nehrát si jen na vlastním písečku“. Že je otevřena nápadům českých učitelů, je patrné i z tohoto sborníku. Inspiraci, poučení a možnosti spolupráce navíc hledáme i mimo českou kotlinu. Hostů ze vzdálenějšího zahraničí jsme sice zatím měli jenom pár – ale o tom, že je náchodské konference zaujaly, se lze přesvědčit ze dvou zpráv [3], [4]. Nejen proto, že informace o Heuréce v mezinárodním časopise potěší, doufáme, že mezinárodní spolupráci se nám podaří rozvíjet i nadále.

Když už přišla řeč na budoucnost: Heuréka pokračuje i v roce 2006. V plánu je řada seminářů a dalších akcí, opět včetně společné konference v Náchodě. Tištěné sborníky budeme asi vydávat spíš s dvouletou periodou, ale rozhodně budeme hledat cesty, jak nápady z dílen Heuréky zprostředkovat širšímu okruhu zájemců.

Na závěr je mi milou povinností poděkovat všem, kdo ke zrodu tohoto sborníku přispěli: Ireně Koudelkové, bez níž by Heuréka prostě nebyla. Zdeňkovi Polákovi, který coby „lokální organizátor“ věnuje náchodským setkáním vždy obrovský kus práce a díky němuž se tam cítíme jako doma. Všem vedoucím dílen, bez jejichž příspěvků by v tomto sborníku byly jen bílé stránky. Věře Koudelkové, která na sebe vzala nelehký úkol komunikovat s autory i recenzenty a zajistit, aby opravdu všichni dodali své příspěvky. Jiřímu Dvořákovi, který provedl konečnou přípravu pro tisk. A v neposlední řadě dr. Janě Vláškové z nakladatelství Prometheus, jejíž pomoc výrazně prospěla už minulému sborníku [2].

Věřím, že pro mnohé z té spousty námětů na následujících stránkách najdete ve své výuce využití, případně že vás budou inspirovat k novým nápadům. Vám i vašim žákům do toho učení a vyučování přeji hodně radosti z fyziky, poznání a objevování.

V Praze, v únoru 2006

Leoš Dvořák

Literatura

[1] <http://kdf.mff.cuni.cz/heureka/>

[2] *Dílky Heuréky 2003-2004. Sborník konferencí projektu Heuréka.* (Náchod, 26.-28.9.2003, 24.-26.9.2004) Ed.: L. Dvořák. Prometheus, Praha 2005. ISBN 80-7196-316-X

[3] Swinbank E.: *Reporting from a mattress in Nachod...* In: *Physics Education* **40**, No. 1, (January 2005) p. 5

[4] Planinšič G.: *Teachers share experiment know-how.* In: *Physics Education* **41**, No. 1, (January 2006) p. 7-8

Denní tisk ve fyzice

Zdeňka Broklová

KDF MFF UK Praha

Abstrakt

V příspěvku jsou uvedeny různé možnosti, jak využít obsah denního tisku (se zaměřením na běžné celoplošné noviny) v hodinách fyziky na základních a středních školách, možný přesah těchto aktivit do dalších oblastí a výhody a nevýhody použití novin ve výuce. Tento příspěvek vychází z výzkumů a vzorových aktivit publikovaných v Anglii a USA, zahrnuje nápady a myšlenky diskutované během dílen, ale většina zde popsanych aktivit nebyla vyzkoušena přímo se studenty.

Úvod aneb nedoceněné možnosti novin

Napadlo Vás někdy vzít noviny, které jste si přečetli ráno u snídane, do hodiny fyziky jako učební pomůcku? Samozřejmě první, co asi napadne každého je, že při některých pokusech je třeba chránit stoly před ušpiněním, a k tomu se staré noviny skvěle hodí. Také papír, na kterém jsou tištěné, má spoustu zajímavých vlastností. Ale napadlo Vás využít texty a obrázky? A to ne nějaký ojedinělý speciální článek otištěný při nějaké zvláštní příležitosti, ale pokusit se zužitkovat opravdu téměř každý jejich kousek.

Nedávno jsem četla článek o tom, jak používají noviny na některých základních školách ve Velké Británii [1]. Protože mě to zaujalo, začala jsem po podobných aktivitách více pátrat a zjistila, že to není až tak ojedinělé a že využít se dají i zdánlivě zcela „nefyzikální“ části jako reklamní stránky a televizní program. Protože jsem ale neslyšela o nikom, kdo by to dělal v Čechách, rozhodla jsem se seznámit s těmito nápady učitele, kteří se nebojí zkoušet nové věci – tedy Vás, co se zapojujete aktivně do projektu Heuréka. Tak tedy vznikla uvedená dílna.

Aby nedošlo k nějaké mýlce, ještě jednou předem upozorním, že níže uvedené aktivity i diskuze se zabývají tím, jak využívat zprávy, články, obrázky, reportáže, vtipy, inzerci, ... prostě „textový“ obsah novin v hodinách fyziky. Protože posun k „on-line“ věcem (hrám, nákupům, informacím, i zpravodajství) je stále větší, nebráním se ani použití článků a zpráv z internetových zpravodajských serverů.

V tomto příspěvku nejprve popisují aktivity, které jsem vyčetla či vymyslela a následně prezentovala během dílen v Náchodě nebo byly vytvořeny v průběhu nich. Stručně nastiňuji i nějaké další jako malý bonus, že se pročtete tímto textem. Naleznete zde aktivity pro žáky 6. tříd či dokonce mladší, ale i aktivity, jež mají co říci a naučit maturanty či dospělé. Konkrétní doporučený věk u nich není uváděn, protože o vhodnosti zařazení rozhoduje i konkrétní materiál z novin, který k dané aktivitě použijete, a také vyspělost a schopnosti studentů samotných. V druhé části příspěvku jsou uvedeny výhody a nevýhody (či úskalí) použití těchto aktivit (jedná se o výsledky diskuzí během dílen doplněné argumenty uváděnými v literatuře). Pokud vám tedy vrtá v hlavě otázka, proč se vůbec do něčeho takového pouštět, přeskočte přímo na tuto část.

Úplný seznam mých inspiračních zdrojů uvádím na konci článku. Protože se různé varianty jednotlivých aktivit vyskytují většinou ve více zdrojích, neuvádím konkrétní zdroj u každé aktivity.

Nápady na konkrétní aktivity

Následující „třídění“ aktivit vzniklo pro účely této dílny, a proto nebude dokonalé. Věřím ale, že alespoň trochu usnadní orientaci ve velmi různorodých nápadech. Dílny byly zaměřeny na to, jak použít noviny místo učebnice a jak vést studenty k rozumnému přístupu k nim. Přesto jsem do článku zařadila i velice stručnou zmínku o dalších možnostech využití novin - vyhledávání a práci s informacemi a aktivity vedoucí k pochopení fungování médií (tedy i novin) ve společnosti.

0. „Je v novinách fyzika?“

Trochu provokativní otázka, když tvrdím, jak se noviny dají báječně používat ve fyzice, že? Ale nevěřte všemu, co slyšíte nebo čtete. Takže pokud jste se dílny nezúčastnili, dříve, než budete pokračovat ve čtení tohoto článku dál, vytáhněte noviny, je úplně jedno jaké, a zjistěte odpověď na uvedenou otázku experimentálně (tedy metodou, kterou má fyzika v oblibě). Hledejte cokoli, co má nějakou souvislost s fyzikou, a nebojte se popustit uzdu své fantazii.

Touto aktivitou dílna začínala. Její účastníci po asi 10 minutách hledání byli překvapeni, co všechno se jim podařilo nalézt. Snad v každých novinách najdete předpověď počasí, dobu východu a západu Slunce, televizní program, který úzce souvisí s časem, a nějakou tu katastrofu, která souvisí buď s řáděním přírody nebo selháním techniky. Ale také např. technické informace o novém typu auta, zdražování plynu a elektřiny s sebou přineslo mnoho více či méně seriózních článků o tom, jak ušetřit na vytápění domu či jak efektivně používat elektrické spotřebiče, astronomové velmi často hlásí nové objevy. Tento výčet by mohl být velmi dlouhý.

Myslím si, že po této zkušenosti, už nelze čestně prohlásit, že fyzika je nepotřebná a že se s ní dospělý člověk nikdy nepotká.

Tuto aktivitu lze využít při suplovaných hodinách či v jiných „hluchých“ časech. Lze z ní udělat i soutěž – *kdo najde lepší „fyziku“*, nebo u menších dětí a pokud máte více kusů stejného výtisku, *kdo najde dříve* – délku dne, nejdelší dnešní film, ... Kromě získání zkušenosti, že fyzika opravdu není „nepotřebná“, se studenti mohou také učit prezentovat nalezené materiály spolužákům (ve větších či menších skupinkách), dále je zpracovávat (vytvořit nástěnku, připravit si referát, napsat recenzi, ...) nebo nalezené články využijete v některé z následujících aktivit.

1. Aktivity vycházející z obsahu učiva aneb noviny místo učebnice

„Slovní zásoba“

V novinách se často vyskytují cizí slova, odborné termíny, zkratky, občas i nějaké odborné způsoby zápisu. Zvláště mladší studenty můžeme požádat, aby se pokusili vysvětlit daný pojem na základě kontextu nebo aby posoudili, zda je použit správně.

Pozn.: Jak používat noviny na prvním stupni ZŠ při výuce čtení najdete v uvedené literatuře.

Převádění jednotek

Naučit se převádět jednotky času a správně pracovat s časovými údaji, dá alespoň na začátku pořádně zabrat. Využití příkladů z reality může dát tomuto loptění smysl. Ze začátku lze pracovat *s televizním či rozhlasovým programem* a počítat délky jednotlivých programů, spočítat čas, který je celkově věnován zpravodajství/poučení/zábavě, průměrnou

délku večerního filmu... Od toho je už jen malý krůček k diskuzi o volbě vhodných programů a vysílacích kanálů, ale to bychom se už dostali do jiné škatulky.

Ve chvíli, kdy počítání s přesností na minuty je už pro studenty hračkou, lze přizvat na pomoc různé *sportovní výsledky* – od atletiky po formule – a trápit se s milisekundami. Některé výsledkové listiny udávají časy všech sportovců, takže můžeme počítat např. o kolik se náš oblíbený borec opozdil za vítězem, ale např. u formulí bývá uveden čas vítěze a u ostatních závodníků pouze jejich „zaostání“, takže jejich celkový čas se lze dozvědět pouze dopočítáním. A proč? Třeba proto, že chceme zjistit, zda náš oblíbenec, který sice nevyhrává, se alespoň v průběhu jednotlivých závodů zlepšuje.

Úlohy o pohybu

Sportovní stránky přímo vybízejí k formulaci různých jednoduchých úloh o pohybu. I když jejich zdánlivou „jednoduchost“ může dost zkomplikovat netradiční a dlouhé zadání.

Místo obecného popisu následují dvě konkrétní ukázky otázek:

Otázky ke článku o 10. ročníku *běžeckého závodu* Mattoni Grand Prix v Praze uveřejněném např. na portálu www.sport.cz dne 11. 9. 2005 a v deníku Metro dne 12. 9. 2005:

- Za jak dlouho po vítězi doběhli do cíle čeští běžci?
- Běžel rychleji vítěz mužského nebo vítězka ženského závodu?
- Dokázal bys vedle běžců jet stejně rychle na kole nebo by bylo třeba jet autem?
- Kolikátá by skončila vítězka mezi ženami v mužském závodě, pokud by dokázala uběhnout i delší trať stejnou rychlostí? A naopak, jak by dopadl vítěz mužů mezi ženami?

Pozn.: Muži běželi 10 km, ženy 5 km, článek obsahoval časy prvních pěti běžců a běžkyň a časy reprezentantů naší republiky.

Otázky k výsledkům *závodu formule 1* Grand Prix Itálie, která se jela 4. 9. 2005 (k dispozici máme popis průběhu závodu, výsledkovou listinu, parametry okruhu v Monze, údaje o nejrychlejšímu zjetém okruhu a některé údaje z loňského roku, článek byl dosti obsáhlý):

- Než se pustíš do dalších úloh, vyhledej a označ si v článku údaje o časech jednotlivých jezdců a údaje o závodě (počet kol, délku okruhu).
- Kdo závod vyhrál a v jakém čase? Jaký byl čas M. Schumachera? Jaké byly průměrné rychlosti těchto dvou jezdců? Jaký byl jejich průměrný čas na jedno kolo?
- Kolikátý by skončil loňský vítěz v letošním závodě?
- Kdo zajel nejrychlejší kolo v letošním závodě? Pokud by jel všechna kola takto rychle, kolikátý by skončil a jaký by byl rozdíl mezi jeho časem a časem vítěze?

(Pozn.: Práce s časy v řádu hodin s přesností na milisekundy dělá některé zdánlivě jednoduché výpočty mnohem složitějšími.)

Plošné jednotky a veličiny na jednotku plochy

K práci s plošnými jednotkami lze využít např. *stránky s plošnou inzercí*. Některé noviny uvádějí cenu za 1 cm² reklamy, takže je možné pomocí pravítka určit, kolik který podnik zaplatil za reklamu.

V některých novinách je zase uvedena cena za inzerát, který zabírá ½, ¼, ... stránky. Takže se naskytá otázka, co je levnější – podat si jeden větší inzerát nebo dva menší? A od této otázky se dopracovat k představě „vztažení veličiny na jednotkovou plochu“ – v našem případě je tou veličinou cena.

Velmi podobné úlohy lze formulovat při využití *inzertní rubriky „prodej bytů“* – některé ceny jsou uvedeny za celý byt, některé za 1 m² – takže opět je nutno řešit problém porov-

nání cen. A otázka, proč se ceny srovnatelně velkých bytů v některých případech velmi liší, nás opět může velmi lehce zavést k úplně jinému, také důležitému tématu.

Teplota

S teplotou se potkáme v *předpovědi počasí*. Můžeme spočítat průměrnou teplotu na území ČR nebo na území Evropy. Také se můžeme zaměřit na hledání maxima, minima nebo mediánu. Důležitější je ale otázka, co nám takto spočtená čísla říkají. Mají nějaký smysl?

Můžeme porovnat předpovědi počasí z různých novin a diskutovat o zdrojích nalezených rozdílů, ověřovat předpovědi, vytvářet grafy, ...

Netradiční jednotky

V některých zprávách z anglosaských zemí zůstanou uvedeny jednotky u nás nepoužívané (míle, palce, stopy, libry, stupně Fahrenheita, ...). Toho by byla škoda nevyužít!

Fyzikální jevy

Někdy lze opravdu noviny použít místo učebnice. O blížícím se *zatmění Slunce* (proběhlo 3. 10. 2005) psaly snad všechny noviny a některé doplnily tuto zprávu i vysvětlením, jak k zatmění dochází. Pokud studenti danou látku neprobírali, je možné je požádat, aby se pokusili jev vysvětlit na základě článku (místo na základě vysvětlení v učebnici). Pokud už byla látka probrána, lze vysvětlení novinářů „zkontrolovat“ či vylepšit – např. náčrtkem, vhodnějšími formulacemi,...

Protože v září tohoto roku přeplavali *kanál La Manche* tři Češi, na zpravodajském portálu www.idnes.cz byl 3. 8. 2005 uveřejněn článek s radami pro jeho budoucí pokořitele, ve kterém se píše o zrádných proudech, které mohou plavbu urychlit, ale také prodloužit o desítky hodin (to už to plavec ale velmi pravděpodobně vzdá). Při vysvětlování, jak je to možné, lze zmínit jak soustavu souřadnou, tak skládání rychlostí. Opět mohou vysvětlení na základě předchozích znalostí hledat studenti sami.

Inspirace k experimentování a diskuzím

„Američtí vědci vymysleli batoh, který vyrábí elektřinu“ hlásá článek z 9. 9. 2005 (www.idnes.cz). V článku ale nenajdeme ani zmínku o tom, jak batoh funguje – prý základem je „houpavá“ chůze. Takže vzhůru do vymýšlení, diskutování (např. i o otázce, proč je tak důležité, že batoh musí být těžký), experimentování. Na základě článku lze vybídnout studenty k vytvoření náčrtku, ale i fungujícího modelu. A co teprve otázka: odkud se ta energie bere, nevrobili náhodou Američané perpetuum mobile? I když se nám podaří najít obrázek konstrukce uvedeného batohu v jiném časopise (v našem případě v internetovém archívu časopisu ABC), tak vysvětlení jeho principu dá také zabrat.

2. Jak přistupovat k novinám

V dnešní době je důležité naučit se, že ne všechno, co je v novinách (ale i jinde) napsáno, musí být nutně pravda, že občas se autoři článku snaží některé informace záměrně zamlčet či zamlžit nebo že se nám snaží podsunout ještě něco, co není přímo uvedeno v článku. Někdy jde opravdu o cílenou snahu autora, někdy spíše o projev jeho neprofesionality. Proto bychom neměli při čtení novin (ale i poslechu televize a rozhlasu) vypínat mozek, ale spíše být stále ve střehu a porovnávat čtené/slyšené s tím, co známe odjinud, a aktivně vyhledávat podezřelá místa. Říkejme této dovednosti třeba *kritické čtení* nebo *racionální přístup k médiím*, to není až tak důležité.

Následující aktivity se snaží nastartovat „přemýšleci“ procesy při čtení novin. Aktivity jiného typu, kterými lze ozřejmit některé principy spojené s předáváním informací (vznik fámy, principy manipulace a mnoho dalšího) najdete v doporučené literatuře [2].

Rád bych se zeptal ještě na ...

K této aktivitě potřebujete úplně libovolný článek (ideální není krátká několikařádková zpráva, lepší je článek dlouhý několik odstavců). Úkol je úplně jednoduchý. Vymyslete tři (nebo i více, záleží na délce a obsahu článku) otázky, které nejsou ve článku zodpovězeny a které byste rádi položili autorovi článku a/nebo člověku, o kterém se v článku píše (byl s ním udělán rozhovor, poskytl informace, ...).

A co s otázkami? Můžeme se na ně pokusit odpovědět sami nebo si odpovědi někde nalézt. Můžeme diskutovat o tom, proč právě tato informace v článku chybí (i když asi častým důvodem bude nedostatek místa na otištění všech podrobností nebo že to autora článku prostě nenapadlo či informaci nesehnal). Ale můžeme vybrané otázky (zejména ty, na které se nám nepodařilo nalézt odpovědi, nebo které se týkají názorů autora článku) odeslat do redakce novin a čekat, co se stane. Možností je mnoho.

Fakt nebo názor?

Všimli jste si někdy, jak mnoho lidí často zapomíná před svými názory říkat: „Já si myslím, že ...“ a vydávají tak (i nechtěně) své domněnky za fakta? Umíme vůbec rozlišovat ověřené údaje od názorů? Zkusme si to! Sáhnete po novinách, zvolte si některý delší článek a označte různými barvami to, co je podáno jako fakt, co je podáno jako názor autora článku a co jako názor někoho jiného. A potom si článek přečtete ještě jednou a u každého faktu se ptejte (třeba jen sami sebe), odkud to asi autor ví, kde je možné si údaje ověřit. U názorů se zase můžeme podrobněji zabývat tím, zda jsou nějak založeny na uvedených faktech.

U příležitosti této aktivity také můžete „prozkoumat“ kvalitu rubriky Komentáře, která neslouží k nestrannému informování čtenářů o dění ve světě, ale právě k uveřejnění názoru novin (či spíše redaktorů nebo majitele) na toto dění.

I když nejspíše neobjevíme žádnou zásadní chybu, článek psal profesionál, můžeme přemýšlením získat cenné zkušenosti, které využijeme při vlastní tvorbě textů.

Poznámka: Možná Vás napadá, že aktivity v této části spadají spíše do češtiny a ne do fyziky. Proč byste je měli tedy dělat ve fyzice? Třeba proto, že dovednosti, které si v nich studenti vyzkoušejí, jsou užitečné pro život. Ale také proto, že právě v přírodních vědách, tedy i fyzice, se lidé často ptají: „A odkud to víme? Jak to dokázat? Nebo si to jenom myslíme, ale zatím to není potvrzené?“. A úplně nejlepší se mi zdá, pokud by se podařilo nadchnout češtináře pro spolupráci tak, aby se aktivity prolínaly předměty.

Výstižný titulek

Konkrétní ukázka:

Představte si, že v novinách objevíte článek s titulkem „Šebrle pojede do Temelína“ (portál iDnes, 20. 9. 2005) nebo jiný s názvem „Olympionici chválili Temelín“ (portál iDnes, 22. 9. 2005). Zkuste uhodnout, o čem se v článku píše a jakou roli v něm hrají sportovci a jakou jaderná elektrárna.

A teď teprve přijde čas si články přečíst a zodpovědět následující otázky:

Trefili jste se do obsahu článku? Shrňte hlavní myšlenku článku jednou větou. Odpovídá nadpis obsahu? Proč asi autor zvolil zrovna takový nadpis? Splnil se jeho záměr? Vidíte v tom nějaké ponaučení do života?

Pro zvědavé: první článek by se dal shrnout: Po úspěšné sezóně se sportovec R. Šebrle rozhodl odpočívat a cestovat. (Kromě lázní, Floridy, zajede i k elektrárně – nebo že by vliv sponzora?) a ten druhý – ČEZ uspořádal sportovní odpoledne pro děti z obce Temelín, kterého se zúčastnili i někteří známí sportovci. (Zde autor příliš nezastírá, že názory sportovců mohou být ovlivněny penězi, které sportovci dostávají od sponzora.)

Co by měla obsahovat zpráva o objevu či výzkumu

Noviny občas informují i o nových objevech nebo probíhajících vědeckých výzkumech. Je zajímavé se zamyslet, jaké údaje by mohly být v článku uvedeny. Sepište jejich seznam buď s celou třídou na tabuli nebo nechte nejprve vytvořit seznamy menší skupinky a teprve potom vytvořte seznam společný. V této první fázi není příliš vhodné nějak jednotlivé nápady hodnotit či třídit.

Seznam údajů (výběr): kdo, kdy a co objevil, jaká metoda byla při výzkumu použita, jak dlouho výzkum trval, jak to může být prospěšné, jaká to přináší rizika, jak to souvisí s již známými fakty, kde je možné se poučit podrobněji, co již daný člověk nebo tým objevil v předchozí době, obrázek nebo schéma, kolik to stálo a kdo to platil, měl by mít poutavý výstižný titulek, článek by měl být srozumitelný, informace o vztahu autora článku k dané problematice, odkazy na použité zdroje informací

Seznam bude asi poměrně obsáhlý, v krátké zprávě nemůže být uvedeno vše. Nechme tedy studenty, ať vyberou 5-6 nejdůležitějších věcí (za sebe nebo společně), které by rozhodně neměly chybět.

A teď už je půda připravena pro porovnání s novinářskou praxí. Najděte příslušné články, kolik z důležitých údajů skutečně obsahují? Jsou v nich i nějaké další věci z našeho seznamu nebo i mimo něj (obohatě si seznam)? Zkuste *napsat kritiku* daného článku nebo naopak článek lepší.

Také můžeme se studenty diskutovat o rozdílů mezi vědeckou zprávou a novinovým článkem, jak se liší v obsahu, cílech a obvyklých čtenářích. Nebo můžete pokračovat následující aktivitou.

Porovnání více zpráv

Tato aktivita může navazovat na předcházející nebo ji lze zařadit samostatně. Je třeba dopředu najít články, které informují o stejné věci, uveřejněné v různých novinách či časopisech (např. o objevu seismické aktivity na Marsu – použity byly články ze serverů iDnes, ČTK a české pobočky BBC) a udělat z nich kopie, aby studenti mohli pracovat samostatně nebo v menších skupinách.

Nechme studenty články přečíst a porovnat.

Návrhy úkolů a otázek: Porovnej uvedené články postupně podle zajímavosti a poutavosti stylu, kterým je napsán, vhodnosti zvoleného nadpisu, množství a hodnověrnosti uvedených informací, vhodně zvolených obrázků, ... Který článek bys vybral jako nejlepší a proč? Zkus najít důvody, proč se články liší. Dá se v nich vystopovat „opisování“ novinářů navzájem od sebe? A mnoho dalších.

Životopisné a historické články

Takové články lze použít v libovolné předcházející aktivitě i jako dokreslení historické doby nebo doplněk učebnice. Jejich výhodou je, že na rozdíl od zpráv a reportáží nestárnou tak rychle a lze si je schovávat do zásoby. Proto je uvádím samostatně.

Lze vybídnout studenty, aby se vžili do situace daného fyzika a pokusili se sepsat část jeho deníku či dopis od něj, ve kterém by se snažili vystihnout jeho názory a pohled na věc. Nebo se pokusili zachytit, jak dané období viděl obyčejný člověk či odpůrce daného vědce, napsali novinový článek z té doby, apod. Napomůže to pochopení doby, ve které došlo k objevu.

V Náchodě nám jako ukázka posloužil asi dvoustránkový článek o roli R. Oppenheimera při vývoji atomových zbraní v USA (Respekt č. 34/2005) – kromě výše uvedených možností je zde otázka morální zodpovědnosti vědců za vlastní objevy zcela očividná.

3. Obrázky, fotografie ... aneb jeden obrázek vydá za mnoho slov

Dobrý obrázek může nahradit dlouhé vysvětlování. Navíc někteří lidé mají spíše grafickou paměť (a není jich zase tak málo) a obrázek si zapamatují mnohem snáze než to, co slyšeli (nebo četli). A to už ani nemluvím o barevných, zajímavých, překvapivých nebo vtipných obrázcích. Ty se pamatují skoro samy. A pokud je doplníme i nějakou tou fyzikou, máme velkou šanci, že společně s obrázkem uvízne v paměti studentů i kousek z ní.

K těmto účelům lze použít jak *fotografie* doprovázející články, tak *grafiku* (většina novin zaměstnává zručného kreslíře). Velmi vděčné jsou *vtipy*, *komiksy*, *karikatury*, ...

Co s nimi můžeme dělat? Použít je jako motivaci při začátku nového tématu, nechat studenty, ať v nich fyziku sami najdou a vysvětlí, ale třeba je použít i jako zadání úlohy, součást písemky nebo inspiraci k vlastnímu experimentování.

Speciální skupinu obrazového materiálu tvoří tzv. *infografika*, tj. náčrtky a schémata, které vysvětlují nějaký jev. U webového zpravodajství můžeme občas najít i animace. Podobné obrázky jsou uvedeny i v učebnicích, takže by měly být pro studenty poměrně srozumitelné (nehledě na to, že by měly být srozumitelné i široké veřejnosti), takže je lze použít místo učebnice či jiného materiálu speciálně připraveného pro výuku a chtít po studentech, aby „převyprávěli“ obrazové vysvětlení.

Zajímavým materiálem, který můžete také z novin získat, jsou různé grafy – ať už s fyzikální či jinou tematikou. V novinách najdete velké množství různých typů grafů – koláčové, sloupcové, ..., což umožňuje ukázat studentům, jak interpretovat informace zobrazené právě v těchto typech grafů.

Co posloužilo jako ukázka v Náchodě:

- motivační fotografie: fotografie noční oblohy ozářené blesky, fotografie mostu, který se zřítíl následkem hurikánu
- obrázek mláděte hrocha, jak plave ve vodě - jeho tělo bylo díky optickým efektům tak deformované, že šlo jen těžko poznat, o jaké zvíře jde, lze diskutovat a kreslit obrázky chodu paprsků
- u obrázku dvou malých chlapců zrcadlících se v kaluži vody na jednom moskevském náměstí bylo obtížné už jenom poznat, že jde o odraz z kaluže, zajímavou otázkou, která vznikla přímo na dílně bylo, kde musel stát fotograf, aby tuto fotografii vytvořil, když se sám ve vodě nezrcadlí ani nevrhl nikam stín
- fotografie technika měřícího teplotu asfaltu před začátkem závodů formule 1 – pročpak to asi dělá a jak?
- infografika – velmi aktuální byl vznik hurikánu a tsunami, ale podařilo se najít i třeba schéma proudění vzduchu v místnosti, příkladem je samozřejmě již zmíněná předpověď počasí, když jsou piktogramy umístěné přímo na mapce ČR nebo Evropy
- komiksy s Garfieldem používá ve svých hodinách (i písemkách) již několik let Jarda Reichl a má rozsáhlou sbírku těch, které fyziku obsahují, ale fyzika se dá najít i u jiných autorů, konkrétně v Náchodě byly ukázky z tvorby P. Kantorka
- obrázek auta, které „nadskočilo“ na nerovné vozovce asi o půl metru, přímo vybízí k otázce, jak asi muselo jet rychle
- fotografie klenbového oblouku, který byl vytvořen ze starších monitorů, zase může inspirovat k (možná trošku nechtěnému) experimentování

- a krásnou ukázkou, že fyziku lze najít opravdu úplně všude, je fotografie, kterou našel Zdeněk Polák – dvě ženy si na ní připíjejí před letištěm a jedna sklenička krásně zobrazuje nápis PRAHA nad letištní halou (obraz je zmenšený a převrácený), myslím, že ani fotograf netušil, jak krásně zachytil, že fyzikální zákony prostě fungují.

4. Vyhledávání informací

Důležitou dovedností je i schopnost vyhledat si potřebné informace, či umět z článku vybrat to podstatné. Předpokládám, že obzvláště aktivní *hledání faktických chyb* bude u studentů velmi oblíbené. Aktivitu směřující tímto směrem jsem ale záměrně do dílny nezařadila (přeci jenom do 90 minut dílny se vejde jen omezený počet nápadů), takže tuto skupinu uvádím, aby se na ni „nezapomnělo“.

Jako inspiraci zde uvedu aktivitu z USA (podrobněji viz [3]), byla sice použita pro chemii, ale to není až tak vzdálený obor. Studenti si během roku vedli jakési „deníky“, do kterých si měli zařazovat články vystřižené z novin nebo zapsat poznámky o zprávách odvysílaných v televizi či rozhlasu, které měly nějakou vazbu na chemii. Ale také si sem mohli zařazovat další materiály jako etikety z potravin, apod. Ke každé „chemikálii“ měli vyhledat na internetu nebo v encyklopediích, co nejvíce údajů a hlavně měli ověřit a případně doplnit věci uvedené v článku/zprávě. Učitel tyto deníky průběžně kontroloval a radil studentům, jak si ho vést lépe. Studenti o zajímavých nálezech a výsledcích referovali v hodinách svým spolužákům a dále s tímto materiálem pracovali. Co je možná pro nás zajímavé je fakt, že tato třída dopadla v průměru asi o 8% lépe v závěrečném hodnocení než předchozí třída, která takto s médií nepracovala. To sice může být dáno i jinými faktory (jak uvádějí v závěru i sami autoři uvedeného výzkumu), přesto mi tento nápad přišel zajímavý a inspirativní, proto ho zmiňuji i zde.

5. Já, novinář

V rámcových vzdělávacích programech je zařazeno průřezové téma Mediální výchova, v jejímž rámci by měli studenti pochopit mimo jiné princip fungování médií – jak vzniká článek od sběru údajů po sazečskou práci, ale i jak funguje financování pomocí reklamy [4, 5]. To nejlépe studenti pochopí, pokud si to vyzkouší.

Opět uvedu pro inspiraci jen jeden „vyčtený“ příklad, tentokrát z Anglie (viz [1]). Studenti byli motivováni k tomu, že se pokusí napsat článek do místních novin. Na tomto projektu spolupracovalo několik učitelů různých předmětů. Pro článek zvolili téma aktuální v té době v jejich městě – zacházení s odpady. Školu navštívil zástupce městského zastupitelstva, který studenty seznámil s plánem na sběr, třídění komunálního odpadu a s tím, jak by se měl chovat každý občan. Potom byla do školy pozvána novinářka daných novin, aby studentům řekla, jak to v novinách chodí. Studenti se rozdělili do menších pracovních skupinek a každá si zvolila svůj úkol – vybrat vhodný nadpis a titulky jednotlivých částí, napsat text článku, vytvořit vhodný obrazový doprovod k článku (fotografie a obrázky), ověřit údaje, ... Na článku aktivně pracovala (a občas i bouřlivě diskutovala) celá třída. Když byl článek hotový, zaslali ho studenti i s návrhy na nadpisy a grafiku do redakce novin. Jejich odměnou byla dvojstrana nedělního vydání, na které byl otištěn nejenom tento článek, ale i „profesionální“ reportáž o tom, co studenti dokázali.

Možná vám tento příklad přijde trochu „moc“ v našich měřítkách, ale proč stát v koutě?

6. Mezipředmětové aktivity

Protože novináři nerespektují dělení poznatků na jednotlivé vyučovací předměty, mohou se noviny stát ideálním materiálem pro projekty, ve kterých se prolíná více předmětů. Asi není třeba zdůrazňovat těsnou vazbu na výuku rodného jazyka a literární gramotnosti obecně, či možnost uplatnit cizí jazyky (např. při ověřování údajů převzatých ze zahraničí). Jak rozumně pracovat s médii by měly učit žáky asi hlavně základy společenských věd (či výchova k občanství), takže i s těmito učiteli je dobré navázat spolupráci.

Popsané aktivity také vyžadují od studentů něco víc než jen poslouchat a přijímat informace, takže jimi můžeme rozvíjet i další dovednosti – komunikovat, spolupracovat, hodnotit,...

Proč (ne)používat noviny ve škole

Na předchozích stranách jsou popsány různé aktivity, ale ráda bych se ještě v tomto příspěvku uvedla zamyšlení nad tím, proč vůbec noviny používat a na jaká úskalí bychom mohli narazit. Jedná se o souhrn výsledků dílen a údajů uváděných v literatuře. Začnu pozitivně:

1. Proč ano

Chtějí to po nás – viz rámcové vzdělávací programy a průřezové téma Mediální výchova [4 str. 73, 5 str. 93].

Pozn.: Tady jsme dokonce mírně před oficiálními dokumenty, protože v RVP je zmíněno, jak toto průřezové téma zařadit např. do biologie i jinam, ale fyzika zde uvedená není ☺.

To ale asi není nejlepší důvod, lze najít nějaké další?

Média jsou hlavním zdrojem informací v celoživotním učení, a proto je třeba se je naučit rozumně používat. To je dovednost či spíše umění, které se nedá předat teoreticky, ale musí se prakticky nacvičit. Navíc toto „umění“ se bude určitě velké většině studentů v životě hodit a budou ho používat.

Noviny jsou z reálného světa a života, nejedná se o sterilní „učebnice“, o jejichž vztahu k realitě můžeme leckdy s úspěchem pochybovat. Příklady uvedené v novinách se nejspíš opravdu staly, učitel si je nevymyslel, aby ukázal „užitečnost“ fyziky. Údaje, fakta, zprávy a další obsah novin je pro lidi zajímavý nebo důležitý, jinak by si přeci noviny nekupovali a nečetli, takže pokud je v novinách i fyzika, nemůže být nezajímavá a nepotřebná.

Už ze své podstaty je obsah novin čerstvý, aktuální. A navíc články píšou profesionálové tak, aby byly poutavé i srozumitelné pro co nejširší veřejnost. U menších (ale možná i starších) studentů může atraktivnost zvětšovat i fakt, že se jedná o věc z „dospěláckého“ světa.

Noviny mohou pomoci pochopit i mnohé z jemnějších věcí, které se také vědy týkají. Věci jako vztah vědy a společnosti, role vědy a její omezení, vědeckou etiku, ...

2. Proč ne

Články nerespektují osnovy, takže je nutné vhodné články pracně vyhledávat. Vymyslet a připravit takovou aktivitu dá práci a je nutné tomu věnovat mnoho času navíc.

To je sice pravda, ale jsou i jiné důvody než „lenost“?

Informace uveřejněné v novinách mohou být neúplné, zkreslené nebo zcela špatné. Na rozdíl od učebnice text novin pečlivě nepřečetlo několik povolaných lidí, aby odstranili

jeho nedostatky. Novinář typicky není odborníkem na dané téma. To vše sice můžeme obrátit v klad, ale nutnost být stále na pozoru tu je.

Noviny chtějí upoutat (aby si je lidi koupili), proto mohou být některé zprávy příliš pompézní či nabubřelé. Na stránce s našim pečlivě vybraným článkem bude i spousta dalších věcí, které mohou odvrátit pozornost studentů úplně nežádoucím směrem. A pokud pracujeme jen s výstřižky či kopiemi, ztrácí se autenticita materiálu.

Noviny bývají černobílé a tištěné na nepříliš kvalitním papíře. Mohou být tedy po grafické stránce pro studenty neatraktivní. Navíc během času žloutnou a tisk bledne, což znesnadňuje jejich skladování.

Noviny stojí peníze. Obzvlášť pokud bychom potřebovali výtisk stejného čísla pro každého studenta ve třídě (nebo dvojici), může se otázka peněz stát problémem. Na druhou stranu možná by byli vydavatelé ochotni poskytnout školám neprodané „starší“ kusy.

Je krásné, že noviny jsou ze skutečného života, že můžeme hovořit o tom, jak se „společnost a život přesouvají do tříd“, ale pozor na „vstup politiky či náboženství“. Mnoho novin buď patří nebo se otevřeně hlásí k nějaké politické straně či jiné „ideologii“. Nemůže se tedy stát, že když věnujete hodinu jednomu konkrétnímu plátku, budete nařčení rodiči, přívrženci jiných novin, z podsouvání politických názorů jejich dětem?

Pár myšlenek ze světa

Z výzkumů věnujících se využití novin ve školách, mě zaujalo, že noviny jsou uváděny mnohem méně často jako zdroj informací jak studenty, tak jejich učiteli než třeba televize a internet [1]. Zdá se, že jejich hodnotu lidé spíše podceňují.

V USA je několik regionálních deníků, které se věnují tomu, aby učitelům pomohli při využívání právě jejich novin ve škole [6-8]. Např. nabízejí dostatečný počet kusů novin pro celou třídu zdarma nebo za velmi sníženou cenu, uveřejňují (buď na svých internetových stránkách nebo jako zvláštní bulletin) nápady na různé aktivity, které jde s daným konkrétním výtiskem ve třídě dělat.

Závěr

Uvedený výčet aktivit i myšlenek určitě není kompletní, ale mohl by být pro někoho z vás inspirací, jak udělat své hodiny zase trochu jiné. Návrhy aktivit jsou založeny většinou pouze na zkušenosti z dílen, nezkoušela jsem je na reálných studentech, proto se je nebojte pozměnit podle svých zkušeností a učitelského citu.

Pokud se mi podařilo někoho zaujmout natolik, že něco vyzkouší v praxi, budu velmi ráda za krátkou zprávu, jak to dopadlo.

Užitečné odkazy

Zpravodajské servery:

Lidové noviny - <http://zpravy.centrum.cz/>

Mladá fronta DNES - <http://zpravy.idnes.cz/mfdnes.asp>, <http://idnes.cz/>

Právo - <http://www.novinky.cz/>

Večerník Praha - <http://www.vecernik-praha.cz/>

ČTK - <http://www.ceskenoviny.cz/>, <http://www.sportovninoviny.cz/>,
<http://www.financninoviny.cz/>

Respekt - <http://www.respekt.cz/>

Další časopisy:

časopis ABC – <http://www.iabc.cz/>

Instantní astronomické noviny - <http://www.ian.cz/index2.php>

Ostatní média:

Český rozhlas - <http://www.rozhlas.cz/> - zde lze stáhnout nahrávky některých pořadů či jejich přepisy, za speciální zmínku stojí pořad Meteor (sobota, ČRo 2, 8-9 hod., scénáře lze stáhnout ze stránek ČRo) a internetová stanice Český rozhlas Leonardo, jejíž cílem je popularizovat vědu (<http://www.rozhlas.cz/leonardo/>)

Česká televize - <http://www.czech-tv.cz/>, zejména pořad Popularis (některé díly lze zde dokonce stáhnout, <http://www.czech-tv.cz/popularis>)

BBC - <http://www.bbc.co.uk/czech/> - od novin po rozhlas (poslech i po internetu), lze najít jak nahrávky starších pořadů, tak zajímavé články, provázáno s anglickými stránkami BBC

Zdroje

[1] Jarman R., McClune B.: *Learning with newspapers*, ve sborníku: Braund M., Reiss M. (2004): *Learning science outside the classroom*, RoutledgeFalmer, London.

[2] Pike G., Selby D. (2001): *Hry a cvičení pro globální výchovu II*, Praha, Volvox Globator

[3] Ghaffari S. (2004): *Using Media And Other outsider Sources To Engage Students In Chemistry Classroom Activities*, ARCO Journal 10/2004, str. 71-76, dostupné online <http://www.southern.ohiou.edu/aurco/volume10/aurco2004.pdf> [cit. 5. 10. 2005]

[4] Výzkumný ústav pedagogický (2004): *Rámcový vzdělávací program pro gymnaziální vzdělávání* - pilotní verze, TAURUS, Praha

[5] Výzkumný ústav pedagogický (2005): *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*

[6] NIE - *Newspapers in Education*, <http://www.yakima-herald.com/nie>, najdete zde různé příručky (většinou přímo ke stažení), jak lze využívat noviny v hodinách (stránky patří novinám Yakima-Herald z Washingtonu), pro tento příspěvek byla inspirací hlavně brožurka: *Newspapers Maintain the Brain*

[7] Každý týden nové aktivity, které můžete dělat se třídou v návaznosti na světové dění, odkazy na různé články a dostupné dokumenty k tématu, poznámky pro učitele <http://www.paradeclassroom.com/>

[8] <http://nieonline.com/> - rozcestník, připravené materiály pro využití různých (hlavně amerických) novin ve vyučování, aktivity jsou připravovány pravidelně pro každé číslo nebo jednou za týden, naleznete zde archívy připravených materiálů, nápadů i odkazů

[9] *Příručka pro novináře střední a východní Evropy*, Lidové noviny, Praha, 1991.

Boyd A (1995): *Příručka pro novináře: zpravodajství v rozhlase a televizi*, Centrum nezávislé žurnalistiky, Praha

- dvě útlé knížečky, ve kterých se můžete velmi čtivou formou poučit o tom, jak by novinář měl pracovat

Blikátko

Miroslav Burda

Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola technická, Sokolská 1, Brno

Abstrakt

Příspěvek popisuje stavbu jednoduchého blikátka na nepájivém kontaktním poli a popis, jak funguje. Text je určen pro čtenáře, kteří mají jistou představu, co to asi je kondenzátor nebo dioda, ale jsou začátečníky v praktické elektronice.

Měřicí přístroj a součástky

Seznámení s měřicím přístrojem

Měříme pomocí dvou vodičů (měřicích sond). Černý vodič znamená minus, což elektronici často značí jako zem, a vždy se zapojuje do zdířky COM.

Červený vodič znamená plus a zapojuje se do ostatních zdířek, podle toho, co chceme měřit. Například, když chceme po měření napětí měřit proud, musíme vodič přepojit z napěťové do proudové zdířky.

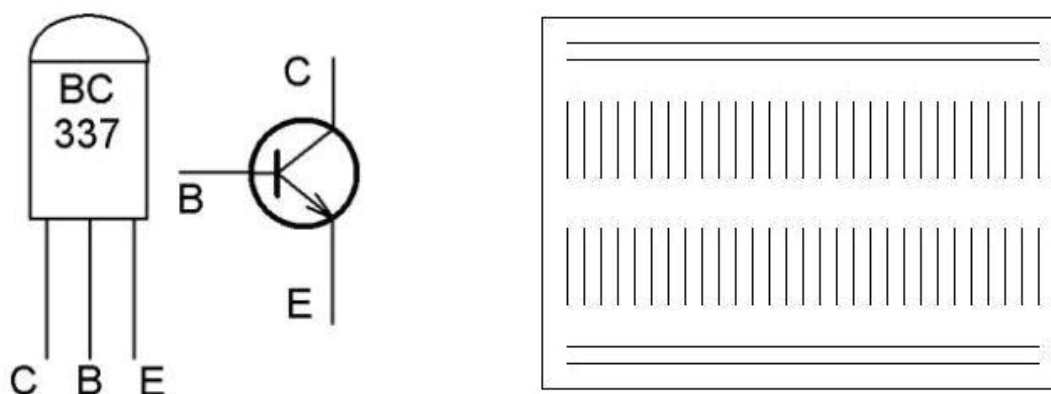
Při přepínání rozsahů platí, že DC znamená stejnosměrný proud nebo napětí, AC znamená střídavý proud nebo napětí.

Seznámení se součástkami

Poznámka k napájení: byly zvoleny dvě tužkové AA baterie v držáku + klipsna na propojení s nepájivým kontaktním polem. Je to levnější než obvyklá 4,5 V baterie (viz níže) a propojení je snadné. I u klipsny na držáku na baterie platí, že černý vodič znamená minus a červený vodič plus. Celé sestavě budeme nadále říkat pouze „baterie“.

U elektrolytického kondenzátoru a svítivé diody LED značí plus delší nožička.

LED diodu zapojujeme v propustném směru (delší nožička ke kladnému pólu baterie) vždy sériově s ochranným rezistorem (při napětí baterie 3V vyhoví 150 Ω), jinak ji velmi rychle zničíme.



Obr. č. 1: Vlevo zobrazení označení nožiček tranzistoru a značka tranzistoru, vpravo schéma zapojení nepájivého kontaktního pole.

Použitý tranzistor je typu NPN, při pohledu zepředu (na rovnou plošku, nožičky dolů) je kolektor (C) vlevo, báze (B) uprostřed a emitor (E) vpravo, viz obr. č.1 vlevo. K bázi tranzistoru připojujeme rovněž vždy ochranný rezistor (podle zapojení, ale aspoň 100 Ω), jinak hrozí i tranzistoru rychlé zničení.

Seznámení s nepájivým kontaktním polem

Je třeba si dobře uvědomit, které dírky jsou vodivě spojené a které ne, jinak se při stavbě obvodů nebudeme stačit dívit. U použitého typu platí (postaveno na šířku), že vnitřní dírky jsou spojené svisle (uprostřed je mezera) a vnější vodorovně – viz obr. č. 1 vpravo.

Rozpiska součástek a ceny

2x rezistor 150 Ω (ve schématech značeno 150R) po 1,- Kč

2x rezistor 10 k Ω (ve schématech značeno 10K) po 1,- Kč

2x rezistor 20 k Ω (pro přípravné úkoly) po 1,- Kč

2x kondenzátor 1000 μ F (ve schématech značeno 1000M) po 2,50 Kč

2x tranzistor BC 337 po 1,50 Kč (pro dané účely vyhoví i další tranzistory, např. BC 547)

2x svítivá dioda LED, průměr 3 mm, červené po 1,50 Kč

2x tužková baterie 1,5 V – jak se zadaří – od 6,- do 30,- Kč za kus

1x držák na baterie za 6,- Kč

1x klipsna za 3,- Kč

1x nepájivé kontaktní pole za 130,- Kč

Ceny s výjimkou baterií jsou uvedeny podle stavu v září 2005 v GM electronic v Brně [4].

Trocha terminologie:

Pro další text potřebujeme několik pojmů:

Klopný obvod se nazývá klopný proto, že se překlápí mezi dvěma různými stavy, v našem případě mezi rozsvěcováním a zhasínáním LED diod.

Monostabilní neboli jednostabilní je klopný obvod tehdy, když v jednom svém stavu (LED svítí) setrvává, ve druhém stavu (LED nesvítí) je vždy pouze určitou dobu od připojení baterie.

Monostabilní klopný obvod se také nazývá **časovač**. Časovač se mu říká proto, že doba setrvání v nestabilním stavu (LED nesvítí) se dá nastavit a použít k měření času.

Astabilní neboli nestabilní je klopný obvod tehdy, když ani v jednom svém stavu nesetrvává – v našem případě se obě LED diody střídavě rozsvěčují a zhasínají.

Astabilní klopný obvod popsany dále autor nazval **blikátko**.

Úkoly:

Pro kontrolu při samostatné práci jsou níže v textu uvedeny očekávané výsledky a u složitějších zapojení i vysvětlení, proč pracují tak, jak pracují. Vaše měření se může od

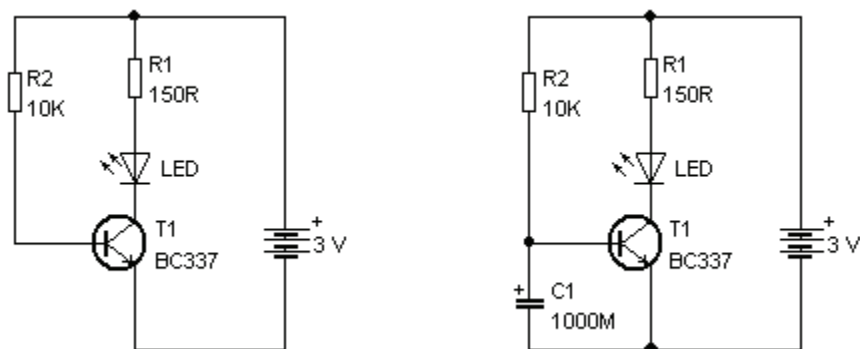
ideálních hodnot lišit (v jednotkách procent), protože součástky, měřicí přístroj i baterie jsou vyráběné s určitou tolerancí.

Přípravné úkoly:

1. Změřte napětí na jednotlivých rezistorech $10\text{ k}\Omega$ a $20\text{ k}\Omega$ zapojených sériově a paralelně. Změřte proudy, které v obou případech rezistory prochází.
2. Změřte napětí na nabitém kondenzátoru (kondenzátor nabijeme tak, že ho asi na jednu sekundu spojíme s baterií, dáváme přitom pozor na polaritu – delší nožička = plus.)
3. Zapojte uzavřený obvod z nabitého kondenzátoru a většího rezistoru ($20\text{ k}\Omega$) a měřte protékající proud. Jak se změní situace, když připojíme místo $20\text{ k}\Omega$ rezistor $10\text{ k}\Omega$? Jak se změní situace, když místo jednoho nabitého kondenzátoru ($1000\text{ }\mu\text{F}$) připojíme dva stejné nabitě paralelně zapojené kondenzátory (každý $1000\text{ }\mu\text{F}$)?
4. Zapojte do série LED a ochranný rezistor ($150\text{ }\Omega$) a připojte je ke zdroji napětí. LED by měla svítit. Změřte napětí na LED během svícení.

Stavba blikátka

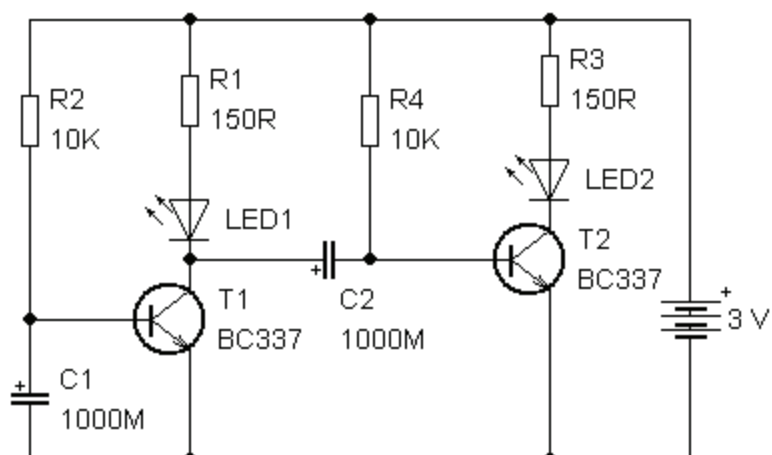
5. Zapojte obvod podle obr. 2 vlevo. Baterii připojujte až jako poslední. LED by měla svítit. Změřte napětí mezi nožičkami tranzistoru (všechny možnosti) a zapište si je.



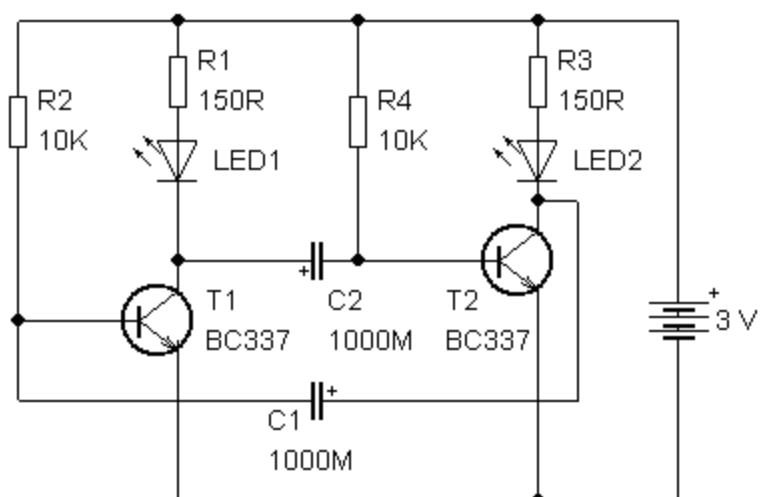
Obr. č. 2: Vlevo schéma pro úkol č. 5, vpravo schéma pro úkol č. 6 (časovač).

6. Zapojte obvod podle obr. 2 vpravo (časovač). LED by se měla rozsvítit s jistým zpožděním po připojení baterie. Změřte napětí na kondenzátoru po rozsvícení LED a porovnejte ho s napětím báze-emitor na tranzistoru. Čím nastavíte zpoždění rozsvícení LED vzhledem k okamžiku připojení baterie?
7. Zapojte obvod podle obr. č. 3 (na některé vodivé spoje se mohou hodit např. sponky do sešívačky). Jde o dva časovače z předešlého úkolu zapojené za sebou. Zapojení postavte pokud možno symetricky. Popište činnost zapojení a pokuste se ji vysvětlit.
8. Zapojte obvod podle obr. č. 4. Všimněte si přitom, že oproti obr. č. 3 stačí změnit zapojení kondenzátoru C2. Opět popište činnost zapojení a pokuste se ji vysvětlit. Jak lze změnit dobu blikání LED1 a LED2?

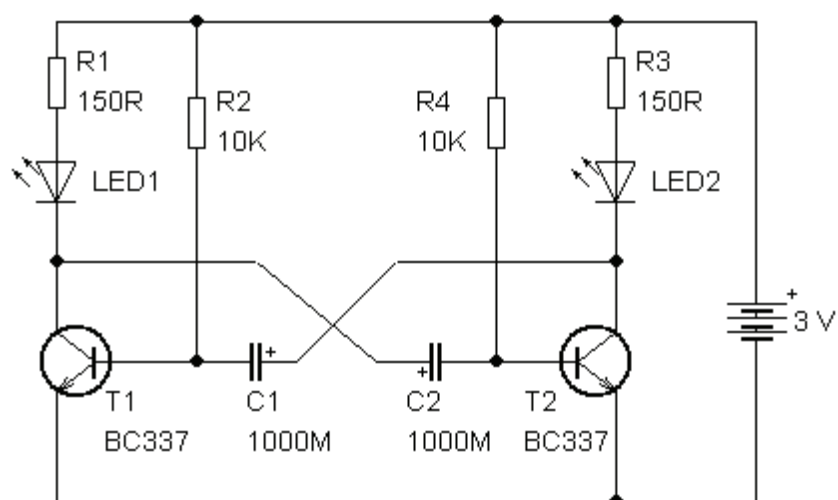
Na obr. č. 5 je totéž zapojení jako na obr. č. 4, jen nakreslené jinak, aby vynikla symetrie zapojení. Na obr. č. 6 na konci článku je fotografie hotového blikátka v akci.



Obr. č. 3: Dva časovače za sebou.



Obr. č. 4: Blikátko.



Obr. č. 5: Totéž blikátko jako na obr. č. 4, ale nakreslené symetricky.

Řešení:

1. Předpokládejme, že napětí na baterii je 3 V, což zvláště u nových baterií nemusí být pravda, můžeme se potkat i s hodnotou 3,4 V. Potom při sériovém zapojení je na 10 k Ω , (20 k Ω) rezistoru napětí 1 V (2 V). Obvodem přitom prochází proud 0,1 mA. Při paralelním zapojení je na obou rezistorech napětí baterie a 10 k Ω , (20 k Ω) rezistorem prochází 0,3 mA (0,15 mA). Jistě není třeba připomínat, že napětí se měří paralelně (vedle rezistoru) a proud se měří sériově (za nebo před rezistorem) a že u měřicího přístroje musíme zastrčit měřicí sondy do správných zdírek.
2. Těsně po nabití bude na kondenzátoru stejné napětí jako na baterii, tj. cca 3 V, potom se bude postupně zmenšovat.
3. Protékající proud bude exponenciálně klesat. Při nižší hodnotě rezistoru poteče obvodem větší proud a kondenzátor se dříve vybije. Pokud místo jednoho nabitého kondenzátoru zapojíme paralelně dva, chovají se jako jeden s dvojnásobnou kapacitou a budou se vybíjet déle.
4. Pokud LED nesvítí, zkontrolujte vodivost všech spojů a případně otočte polaritu LED. Napětí na červené diodě bude kolem 1,7 V, pro jiné barvy lze zkontrolovat hodnotu napětí podle [1].
5. $U_{BE} = 0,66$ V; $U_{CE} = 0,06$ V; $U_{BC} = 0,63$ V. Podrobný popis chování tranzistorů lze najít ve [3].
6. Po připojení baterie se kondenzátor nabíjí. Během nabíjení je tranzistor uzavřen a LED nesvítí. Kondenzátor C1 se nabije až na napětí, které, přivedeno mezi bázi a emitor, otevírá tranzistor. Po otevření tranzistoru teče proud obvodem kolektor-emitor a LED svítí. Napětí na kondenzátoru je po rozsvícení LED stejné jako napětí mezi bázi a emitorem tranzistoru. Po zkratování kondenzátoru (např. kouskem drátku) napětí báze-emitor poklesne, tranzistor se uzavře a celý děj se opakuje. Zpoždění rozsvícení LED proto dosáhneme pomalejším nabíjením kondenzátoru: buď zvýšením jeho kapacity nebo zvětšením odporu rezistoru R2 (zvětšovat R2 však nejde do nekonečna, při velkých odporech R2 řádu M Ω by již proud do báze nebyl dostatečný k otevření tranzistoru).
7. Po připojení baterie se začne nabíjet kondenzátor C1. Tranzistor T1 je uzavřen až do nabití C1 (viz řešení předchozí úlohy). LED1 tedy nesvítí. Přesto jí prochází malý proud¹, který nabíjí C2 a spolu s proudem jdoucím přes R4 otevírá tranzistor T2. LED2 proto svítí. Po nabití C1 se otevře T1 a rozsvítí LED1. V okamžiku otevření tranzistoru T1 je přes něj také spojen (+) pól kondenzátoru C2 se zemí (záporným pólem baterie). Na (-) pólu kondenzátoru (spojeném s bázi tranzistoru T2) se proto (vzhledem k nabití C2) objeví záporné napětí vůči zemi – opačné, než je potřeba k otevření T2. Tranzistor T2 se proto uzavře a LED2 zhasne. Proud jdoucí přes R4 začne nabíjet C2 v opačné polaritě než byl předtím². Po nabití C2 na napětí přibližně 0,7 V se tranzistor T2 opět otevře a LED2 rozsvítí. Doba nabíjení C1 určila okamžik zhasnutí LED2. Proto můžeme říct, že levý časovač ovládal pravý.
8. Nyní se oba časovače ovládají navzájem. Vysvětlení je podobné jako u předchozí úlohy (rozmyslete si sami), podrobnější komentář lze najít ve [2]. Doba svícení LED2 lze ovlivnit hodnotami R2 a C1. Podobně dobu svícení LED1 lze ovlivnit hodnotami R4 a C2.

¹ Tento proud je těsně po připojení baterie tak velký, že na okamžik rozsvítí LED1. Potom klesá podle toho, jak se nabíjí C2.

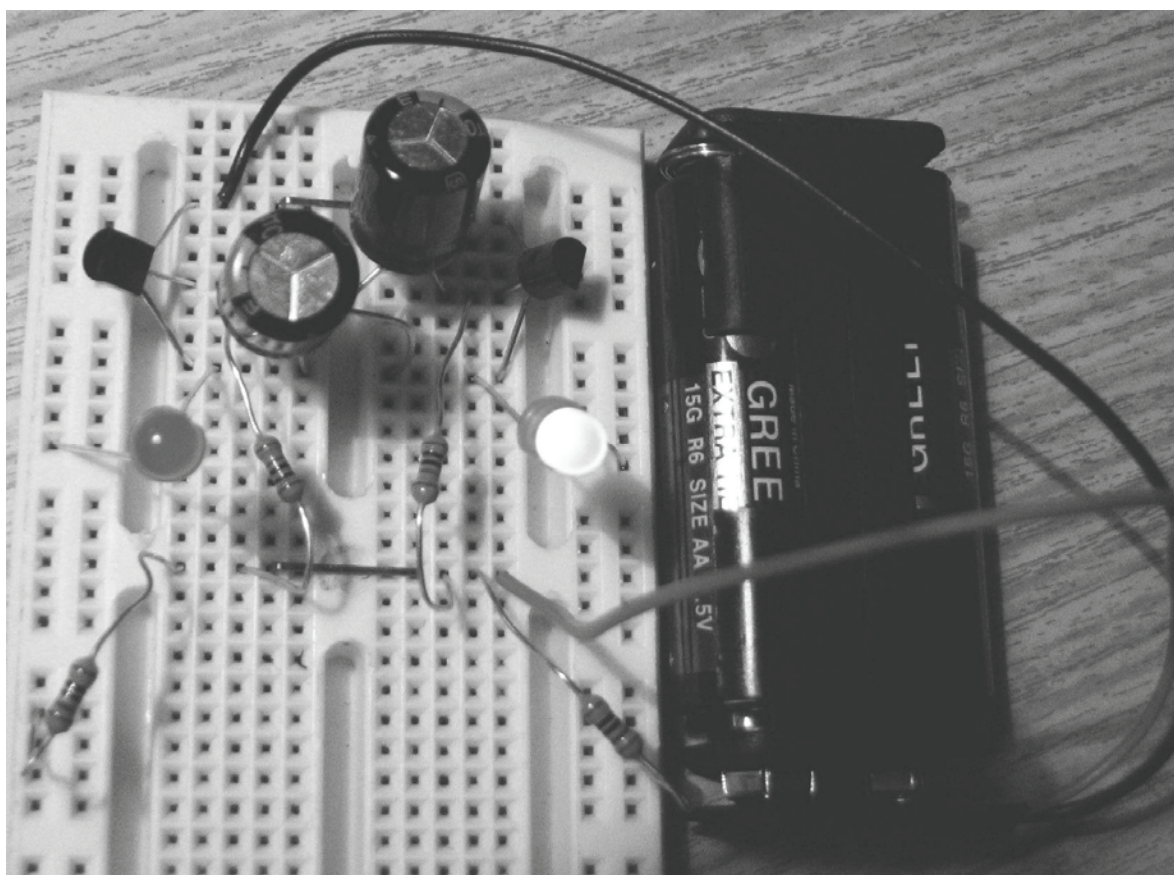
² Kondenzátor se nabije jen na napětí, které otevře tranzistor T2 (asi 0,7 V) a proto mu to nevadí.

Použitá a doporučená literatura:

- [1] *Elektronika tajemství zbavená*, 1. díl, Adrian Schommers, HEL Ostrava 1998
- [2] *Elektronika tajemství zbavená*, 2. díl, Adrian Schommers, HEL Ostrava 1998
- [3] *Dioda, tranzistor a tyristor názorně*, kolektiv autorů, SNTL, Praha 1979

Kde můžete nakoupit:

- [4] www.gme.cz
- [5] www.ges.cz
- [6] www.ezk.cz



Obr. č. 6: Hotové blikátko v akci.

Svíčka ve fyzice

Miroslava Černá

ZŠ Litovel, Vítězná 1250

Abstrakt

Svíčku můžeme v hodinách fyziky použít nejen jako vhodný zdroj světla v optice či zdroj tepla v termice, ale především při zkoumání vlastností látek a jejich skupenství. Velmi efektní jsou pokusy s hořením svíčky a vznikem podtlaku v uzavřeném prostoru. Žáci mohou též změřit různé vlastnosti svíčky a vosku. Mnoho zkušeností mohou získat při výrobě vlastní svíčky z nepotřebných kousků vosku.

1. Z čeho se vyráběly svíčky ve starověku?

- z loje nebo z vosku. Lojové byly ošklivé, mastné a neustále ukapávaly. Voskové hořely krásně, ale byly drahé.

2. Z čeho se dnes vyrábějí svíčky?

- ze zemních vosků, jako je ozokerit, ceresin a parafin, ze stearinu vyrobeného z mastné kyseliny nebo z přírodních vosků (včelí, čínský, karnaubský, japonský).

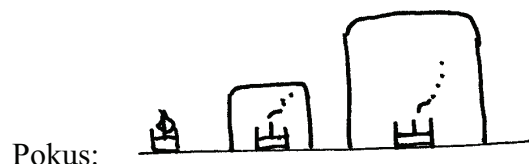
Svíčky podle složení:

- parafinové – 100 % parafin
- stearinové – více než 5 % stearinu, zbytek parafin
- ceresinové – víc než 9 % ceresinu, zbytek parafin
- voskové – více než 5 % včelího vosku, zbytek parafin

Knoty jsou bavlněné, pletené a musí být řádně preparované.

3. Ještě v 17. století se mezi vědci používal pojem flogiston. Víte, co tento pojem představoval?

- Kdysi se chemici domnívali (teorie Georga Ernsta Stahla 1659-1734), že všechny hořlavé látky obsahují látku zvanou flogiston. Flogiston umožňuje hoření a při hoření z látky uniká. V 18. stol Lavoisier dokázal, že nic takového jako flogiston neexistuje a že při hoření se látky slučují s kyslíkem obsaženým ve vzduchu.



4. Ukažte pokusem všechna skupenství vosku.

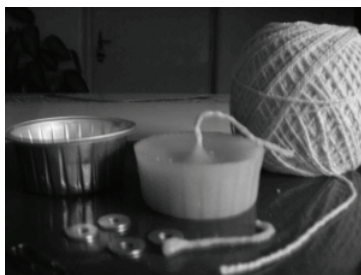
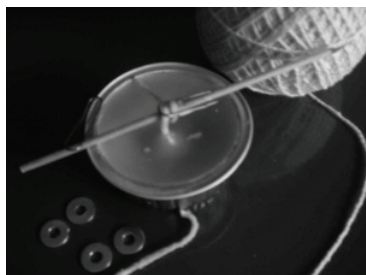
- Z alobalu vytvoříme malou miskou. Na tu položíme kousek pevného vosku. Při zahřívání misky nad plamenem svíčky pozorujeme jeho přeměnu v kapalný vosk. Zahříváme-li misku dále, pozorujeme, že se kapalný vosk „ztrácí“ a že z něj „něco“ uniká do okolního vzduchu. Pokus zopakujeme a pokoušíme se zapálit pevný vosk, potom kapalný. Podaří se nám zapálit až voskové páry (viz první hodina Heuréky).

5. Co hoří a svítí ve svíčce?

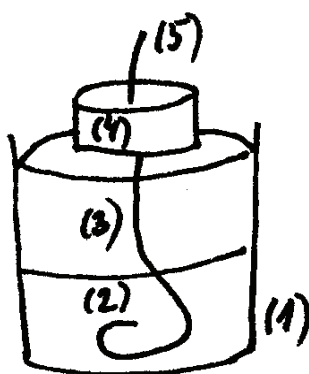
- Vhodným motivačním pokusem je zapalování svíčky „na dálku“ (viz první hodina Heuréky). Závěr: Ve svíčce hoří plyny uvolňující se z vosku. Knot je pouze jakýmsi „přiváděcím potrubím“.

6. Uměli byste vyrobit ze zbytků starých svíček novou svíčku?

- Zbytky vosku zahříváme v kastrolku ve vodní lázni.
- Vosk můžeme obarvit kouskem pastelky voskovky.
- Knot vyrobíme z bavlněné příze, kterou zakoupíme v prodejně galanterie. Lepší je, když z ní uháčkujeme řetízek a dopředu namočíme v kapalném vosku.
- Vosk budeme nalévat do formy – je potřeba si ji připravit – např. misku od paštiky, ale stačí např. i papírový košíček na cukroví.
- Nejdůležitější je zabezpečit knot tak, aby se při lití vosku neposunul a byl ve středu svíčky. Proto jej na dně misky zajistíme podložkou pod matici nebo maticí. Nad miskou jej omotáme okolo špejle a můžeme navíc zajistit kancelářskou sponkou.
- Nalijeme vosk až po okraj formy. Při tuhnutí vosku pozorujeme, že se jeho objem zmenšuje. Pro pěkný tvar svíčky proto můžeme vosk ještě dolít.



- Dlouhou svíčku můžeme též vyrábět postupným máčením knotu ve vosku a ochlazováním ve vodní lázni.
- Velmi pěkné jsou svíčky z včelího vosku, a to pokud „mezistěnu“ (zakoupíme ve včelařských potřebách) mírně nahřejeme např. fénem a smotáme.



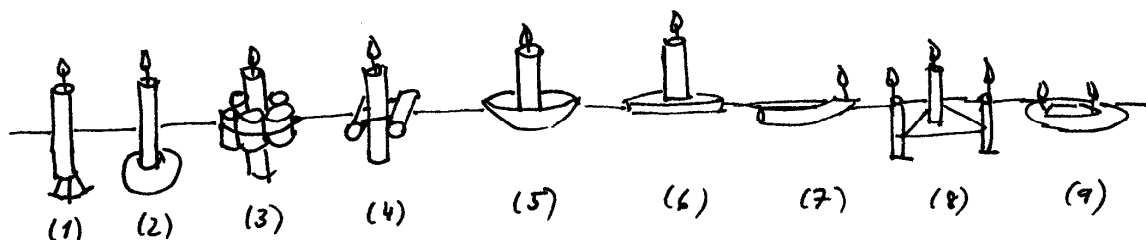
Poznámka: K výrobě svíčky můžeme použít i stolní olej:

- (1) sklenička (2) voda (3) stolní olej (4) korek obalený alobalem (5) bavlněná příze

7. Máte dlouhou svíčku. Má plavat a přitom hořet. Co musíte udělat? (Můžete k tomu použít nejružnější pomůcky.) Odhadněte, jak dlouho bude svíčka hořet. Pokusem ověřte.

Některá řešení z dílen Heuréky:

(1) hřebíčky (2) plastelína (3) korkové zátky a gumička (4) korkové zátky a špejle (5) miska z plastelíny (6) víčko na zavařeniny (7) ohnutá svíčka (8) tři svíčky spojené špejlemi (9) svíčka položená na vrstvě vosku a zapálená ze dvou stran



8. Máte konkrétní svíčku. Které její fyzikální vlastnosti (veličiny) můžete změřit?

- v 6. ročníku délku svíčky, průměr svíčky, objem svíčky, hmotnost svíčky, jak dlouho bude hořet (vyrobit svícové hodiny), určit hustotu vosku
- ve vyšších ročnících můžete např. sledovat průběh tání vosku, porovnat spalné teplo vosku a lihu (viz níže), apod.

9. Navrhněte a proveďte pokus, kterým určíte, při jaké teplotě vody odpadne vosková kulička z hrotu hřebíku.



- na hrot hřebíku „přilepíme“ kousek vosku, hřebík dáme hlavičkou směrem dolů do zkumavky s vodou
- zkumavku zahříváme a měříme teplotu vody
- čekáme na okamžik, kdy se vosk odpoutá od hřebíku

(1) hřebík (2) kousek vosku (3) voda
(4) teploměr

10. Porovnejte hustotu pevného a kapalného vosku.

- Žáci ze zkušenosti ví, že led plave na vodě. Proto je vhodné ukázat, že pevný vosk v kapalném vosku padá ke dnu nádoby.
- Nebo se dá využít souvislosti hustoty a objemu a pozorovat změnu objemu kapalného vosku na pevný vosk.



(1) kapalný vosk (2) změna jeho objemu po ztuhnutí



11. Navrhněte a proveďte pokus, kterým určíte spalné teplo vosku. (Je to teplo, které se uvolní, když se spálí 1 kg vosku.) Porovnejte se spalným teplem lihu v lihovém kahanu.

- různá paliva mohou uvolňovat různé množství energie
- my budeme porovnávat teplo, které se uvolní při spálení určitého množství vosku a potom lihu
- návrh pokusu: do malé skleněné baňky nalít 100 ml studené vody a změřit její teplotu
- určit hmotnost svíčky, vložit pod baňku a zapálit ji
- míchat vodu teploměrem a až zvýší svoji teplotu např. o 40 °C, zhasnout plamen
- určit nyní hmotnost svíčky
- spalné teplo určíme jako podíl tepla přijatého vodou děleného úbytkem hmotnosti svíčky ($Q = m_{\text{vody}} \cdot c_{\text{vody}} \cdot \Delta T / \Delta m_{\text{svíčky}}$)
- obdobně provádíme pokus pro spalné teplo lihu v lihovém kahanu (velmi zvláštní zjištění)



Poznámka: Získaný výsledek nebude příliš přesný, neohříváme jen vodu, ale také okolní vzduch, sklo, voda se odpařuje ... Můžeme ale srovnávat, protože podmínky měření jsou stejné.

Při pokusech můžeme též sledovat čas, za jak dlouho se zvýší teplota o 40 °C, když je tepelným zdrojem svíčka a když lihový kahan.

(Je na úvaze učitele, zda-li dá v zadání této úlohy přednost dříve používané jednotce kalorie.)

12. Používáte svíčku při pokusech v hodinách fyziky? Při kterých jevech? Předved'te libovolný, co nejzajímavější pokus:

a) vznik elektrického náboje na svíčce

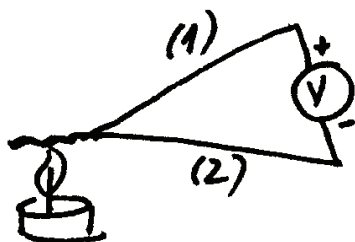
- elektrický náboj může vzniknout i na vosku třením svíčky o umyté vlasy, kožešinu nebo bavlnu (na vosku vzniká záporný náboj, na vlasech kladný)



b) ionizace vzduchu

- přiblížíme-li k nabitě plechovce plamen, plechovka se začne rychle vybíjet
- příčinou tohoto jevu je ionizace vzduchu (proto při pokusech s elektrickým nábojem se vyhýbáme otevřenému plameni)

c) model termoelektrického článku



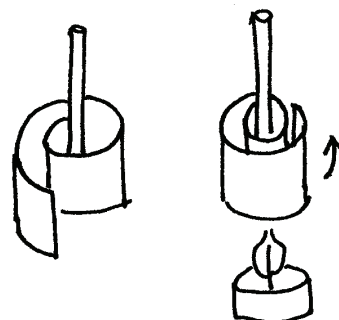
- Po zvolení vhodného rozsahu voltmetru (200 mV) lze velmi dobře pozorovat vznik napětí mezi konci vodičů z mědi (1) a konstantanu (2) při zahřívání jejich spoje nad plamenem svíčky.

d) teplotní roztažnost – model bimetalového pásku

- k výrobě modelu je vhodné použít obal z kostky masoxu (skládá se z vrstvy staniolu a papíru)
- z omytého obalu ustříháme proužek, který jedním koncem nalepíme ke špejli a zamotáme (staniol na vnější straně)

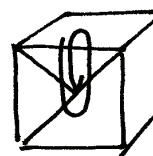
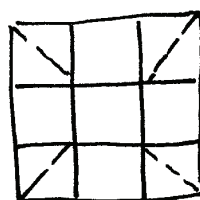
(1) tvar modelu při normální teplotě

(2) zkroucení modelu při zvyšování teploty nad plamenem svíčky



e) ohřívání vody v papírové krabici

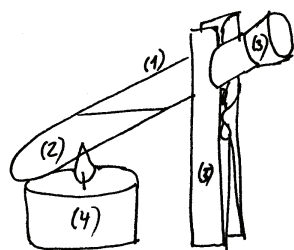
- nad plamenem svíčky můžeme ohřát vodu v papírové krabici, aniž by papír shořel
- papírovou krabičku můžete poskládat podle obrázku



(1) čtverec 12 x 12 cm, čárkovaně označené

přeložení (2) ke spojení stran můžeme použít kancelářskou sponku

f) demonstrace jednoduchého reaktivního motoru



- tímto velmi jednoduchým pokusem lze ukázat, že vznikající vodní pára tlačí na zátku zevnitř tak velkou silou, že překoná součet třecí síly mezi zátkou a zkumavkou a síly, kterou tlačí na zátku zvenčí okolní vzduch (mírně nebezpečné!)

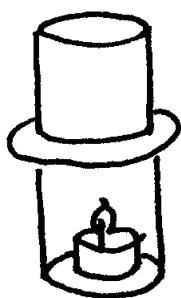
(1) zkumavka, (2) voda, (3) zátko, (4) hřbitovní svíčka, (5) kolíček na prádlo

g) houpačka ze svíčky

- Nahřejeme hřebík, který protáhneme středem svíčky. Ten položíme na dvě sklenice.
- Ořezáním svíčky odhalíme knot z obou stran a pokusíme se docílit rovnováhy svíčky.
- Zapálíme oba konce svíčky.
- O něco delší a převážený konec více hoří, takže v jistém okamžiku začne být kratší, houpačka se přehoupne a děj se opakuje.



h) demonstrace atmosférického tlaku



- k pokusu použijeme dvě zavařovací sklenice, svíčku a savý papír
- ze savého papíru vystříháme mezikruží a namočíme (pro utěsnění spojů obou sklenic)
- uvnitř jedné sklenice zapálíme svíčku, položíme mezikruží a přiložíme druhou sklenici
- dbáme o to, aby hrdla sklenic k sobě těsně přiléhala
- sklenice držíme u sebe až do zhasnutí svíčky
- výsledek: „sklenice drží u sebe jako slepené“, můžeme je dokonce na určitou dobu opatrně zvednout

i) pokusy z optiky

- šíření světla, světlo a stín, model oka, vady oka – viz dílny Heuréky 2003

13. Jak odstranit vosk z pomůcek a ze tkaniny?

- z pomůcek horkou vodou (voskové směsi tají v rozmezí od 52 °C až 63 °C)
- z látky žehličkou, a to přes několik balíčků papírů. Úplné odstranění vosku docílíme opráním v technickém benzínu.

Literatura:

Hana Večerková, MF DNES, 18. prosince 2001

Energie, Edice Věda na vlastní oči, přeloženo z anglického originálu Energy Dorling Kindersley Ltd., London 1993

Pavel Augusta, Jindřich Klůna: *Tajemství přesnosti*, SNTL, Praha 1990

<http://www.bobrik.cz>

Josef Fuka: *Pokusy z fyziky s jednoduchými pomůckami*, SPN 1954

J. Brož – V. Voskovec – M. Valouch: *Fyzikální a matematické tabulky*, SNTL, 1980

K. Popelková, Jana Kratková a kol: *Batika krásná a jednoduchá*, 2002, CFA+H s.r.o. Uherské Hradiště, edice Kreativní kniha

Astronomická kuchařka aneb několik pokusů z astronomie

Marek Česal

Hvězdárna v Rokycanech

Abstrakt

Astronomická kuchařka by měla představit několik jednoduchých pokusů, které mohou zábavnou formou přiblížit vesmír žákům. Jejím cílem není fyzikálně vysvětlit dané jevy, ale ukázat něco tak překrásného, jako je vesmír, jednoduše a poutavě.

Úvod

K následujícím receptům budete potřebovat špetku šikovnosti, drobet fortele a hodně fantazie. Samotné suroviny seženete ve většině správných kabinetů fyziky, za některými se ale budeme muset vypravit do kabinetu chemie. Tyto pokusy jsou velmi jednoduché, ale i přesto Vám přiblíží něco tak nekonečného a nedostupného jako je vesmír. Možnost variant pokusů je nepřehledná a jejich kombinace záleží jen na tom, kdo je připravuje. Poměr surovin je nastaven přiměřeně na cca jednu klasickou třídu. Takže mi nezbývá než Vám popřát: „Dobrou chuť.“

Sopky

Na simulaci zemské aktivity máme několik možností.

Asi nejefektivnější z nich je sopka pomocí dichromanu amonného $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, který nasypeme na kovové víčko od ešusu (cca 3 čajové lžičky) a opatrně zapálíme. Látka při hoření vyletuje do výšky jako láva z jícnu sopky a zároveň odlétá popel jako při opravdovém výbuchu. Při spalování se totiž vytváří oxid chromitý Cr_2O_3 , což je zelený prášek simulující sopečný popílek. Oxid chromitý se dá také použít jako brusivo zrcadel do dalekohledů.



Simulace lávy vytékající z jícnu se dá vytvořit pomocí malé lahvičky a modelu sopky z plastelíny (může se použít i sádra a nebo dokonce obyčejná zem). Do lahvičky se nasype jedlá soda. Pak se ve víčku od PET láhve rozmíchá ocet s červeným potravinářským barvivem a nalije se do lahvičky. Při reakci směsi s jedlou sodou se vytvoří červená pěna, která začne vytékat a připomíná tekoucí lávu z jícnu sopky.

Sopky existují nejenom na Zemi, ale i na jiných tělesech sluneční soustavy a tak se trochu přesuneme. Naším cílem je měsíc Titan, největší měsíc planety Saturn. Na jeho povrchu se předpokládají ledové sopky, vyvrhující do atmosféry metan. Taková sopka se dá předvést pomocí vody Magnesie, do které nasypeme sůl. Z vody vyskakují kapky, které můžeme přirovnat k metanu na Titanu.

Počítání hvězd

Z kartonu si vystříhneme čtverec 20x20cm s otvorem 15x15cm. Do jednoho rohu připevníme provázek dlouhý 40cm. Když čtverec přidržíme od oka na vzdálenost provázku, zjistíme, že se obloha rozdělila na 40 přibližně stejných částí. Stačí nám pak spočítat hvězdy v jedné z nich a vynásobit 40ti. Pokud budeme chtít být přesnější, můžeme spočítat hvězdy ve více čtvercích a zprůměrovat je. Vynásobíme-li počet hvězd ve čtverci 80krát, dostaneme přibližný počet hvězd viditelných pouhým okem kolem celé Země. Ve městech, která jsou kvůli světelnému znečištění nevhodná pro pozorování oblohy, se počet hvězd bude pohybovat kolem 500. Pokud ale přesuneme pozorovací stanoviště mimo přesevěcené aglomerace, může se počet hvězd zvýšit až k 6000. Celkový počet hvězd ve viditelném vesmíru se s patřičnou chybou odhaduje na 10 000 000 000 000 000 000, tj. deset tisíc triliónů hvězd.

Pozorování Slunce

Již malé dítě ví, že do Slunce se neozbrojeným okem nesmí dívat. Existuje ale spousta možností, jak si sluneční fotosféru prohlédnout a nepoškodit si přitom zrak. Asi nejjednodušším způsobem je tzv. projekce, kdy si obraz Slunce promítáme dalekohledem na bílou plochu (zed', papír). Stačí k tomu i obyčejný triedr, doporučuje se jeden objektiv zakrýt, abychom nedostali dva obrazy Slunce. Další možností, jak pozorovat část sluneční atmosféry, zvanou fotosféra, je pomocí speciálního filtru, který si můžete objednat přes internet, nebo zakoupit na některých hvězdárnách (seznam hvězdáren najdete na www.astro.cz). Filtr nese označení AstroSolar folie a prodává se ve formátu A4 přibližně za 600 Kč. Pokud nechcete investovat žádné peníze do kvalitního filtru, nabízí se Vám ještě několik možností. Tou první je svářečské sklíčko s hodnotou 13. Další variantou je použít osvětlený vyvolaný rentgenový snímek nebo vyvolaný osvětlený černobílý film. Pokud budete pozorovat dalekohledem, doporučuji použít jako sluneční filtr folii Astro Solar, která se instaluje před objektiv (ne za okulár!). Zároveň je velmi důležité připevnění filtru k objímce dalekohledu.

Mlha

Mezi astronomy patří mlha k neoblíbeným projevům počasí. Přesto si popíšeme velmi jednoduchý návod na její výrobu. Na vytvoření mlhy stačí kapalný dusík a horká voda. Do teplé vody nalijeme tekutý dusík, který se samozřejmě už při vylití z termosky okamžitě vypařuje a vytváří mlhu, ale při liti do teplé vody se výsledný jev ještě zněkolikanásobí. Stačí nalít tekutý dusík do hrníčku s horkou vodou, odvážnější mohou nalít dusík přímo do rychlovarné konvice nebo do umyvadla s tekoucí horkou vodou.

Seeing

Seeing znamená kvalitu teleskopického obrazu hvězdy vlivem nestálosti zemské atmosféry. Laicky se tak také nazývá neklid atmosféry. Na jeho simulaci potřebujeme meotar, přes který položíme karton, ve kterém bude jeden malý otvor simulující hvězdu. Ideální případ bez atmosféry je, když v cestě paprsku nic nepřekáží, tzn. obraz na stěně je klidný, nechvěje se. Na předvedení atmosféry použijeme skleničku s vodou, kterou postavíme na otvor. Obraz na zdi se nám mírně rozostří. Pokud ještě pomocí špejle vodu promícháme, dostaneme rozklepaný obraz hvězdy, který simuluje průchod obrazu přes neklidnou atmosféru. V dnešní době se již tento problém odstraňuje pomocí adaptivní optiky nebo vynesemím dalekohledu nad atmosféru (např. HST).

Západ Slunce, mlhovina, lom světla – 3 v jednom

I v pravé poledne můžeme mít svůj lokální západ Slunce. Na meotar položíme skleničku s vodou, doporučuji odstínit okolní světlo podložkou s otvorem. Do skleničky nalijeme víčko kyseliny sírové, k dostání v drogérii jako kyselina do automobilových baterií, a půl víčka fotografického ustalovače. Kyselina sírová začne reagovat s ustalovačem a na vzniklých krystalcích síry se odráží světlo. Směs ve skleničce dostane na chvíli modrou barvu, která připomíná mlhovinu. Po několika sekundách začne směs měnit barvu na bílou a obraz na stěně do té doby bílý, začne oranžovět a červenat. To se dá přirovnat k západu Slunce, kdy bílé světlo průchodem přes hustou vrstvu atmosféry na západě dostane nádech červené barvy, a to nejenom u Slunce, ale i u Měsíce.

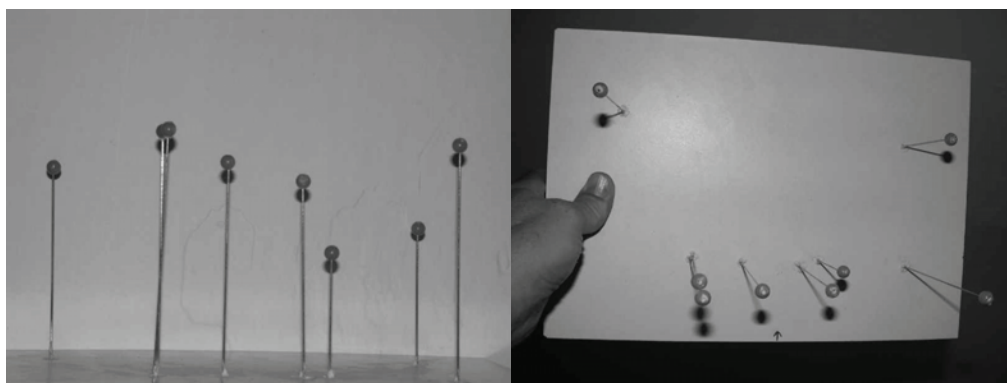
Meteorický déšť, krátery

Meteory, lidově také padající hvězdy, jsou světelné záblesky, které jsou známé jako atmosférický úkaz. Princip tohoto úkazu je velmi jednoduchý. Meziplanetární hmota o hmotnosti několika gramů s velmi vysokou rychlostí, řádově desítek kilometrů za sekundu vnikne do atmosféry Země, kde se působením tření zahřeje na velmi vysokou teplotu, až se úplně vypaří. Světelný úkaz se odehrává ve výškách kolem 100 km nad povrchem Země. Jsou-li tělíska meziplanetární látky zvláště hmotná a neodpaří se úplně, dopadnou na zemský povrch jako meteority.

Pokud Země prolétne drahou meteorického roje, což je proud meteoroidů obíhajících po své dráze kolem Slunce, můžeme sledovat na obloze meteorický déšť. Abychom nemuseli čekat do srpna nebo do listopadu, kdy jsou dva význačné meteorické roje Perseid a Leonid, ukážeme si, jak jednoduše se dá nasimulovat tento jev. Stačí nám k tomu syntetický líh (nebo 70% slivovice) a síra. Líh nalijeme na misku a zapálíme. Síru pak lehce sypeme do ohně asi tak z metrové výšky. Pozorujeme záblesky, které připomínají meteory. Pokud nemáme žádnou hořlavou kapalinu, dá se s úspěchem použít i obyčejná svíčka a síru sypat do plamene svíčky.

Model souhvězdí

Hlavním úkolem při vytvoření modelu souhvězdí je ukázat, že souhvězdí jsou náhodná seskupení hvězd, které při pozorování z naší sluneční soustavy vytvářejí obrazce. Hvězdy v souhvězdí spolu nemají žádný fyzikální vztah, spojuje je jen poloha na obloze. Pokud by se cestovatel po vesmíru dostal teoreticky vedle souhvězdí, nemělo by již známý tvar. Z hvězdného atlasu se dají zjistit vzdálenosti hvězd mezi sebou a vzdálenosti od Země a pomocí těchto údajů se dá vytvořit prostorový model souhvězdí.



Jednodušší varianta, neprostorová, pracuje na principu planetária, tzn. promítání hvězdy na stěnu nebo strop místnosti. Stačí si jen na karton nakreslit souhvězdí a pak místo hvězd označujících souhvězdí udělat otvory. Dbejte na to, aby byly otvory různě velké, podle jasnosti jednotlivých hvězd. Hotový model položte na rozsvícený meotar, tím získáte souhvězdí tvořené svítícími body, tedy hvězdami. Je důležité ale nezapomenout, že souhvězdím se dnes rozumí přesně definovaná oblast na obloze, ve které se nachází nejen výrazná skupina hvězd, ale i další hvězdy a objekty, pouhýma očima neviditelné.

Vaření Slunce

Pokud pozorujeme za dobrých podmínek dalekohledem Slunce, můžeme spatřit jemnou síť tmavších a světlejších skvrnek po celém jeho povrchu – granulaci. Granulace je projevem proudění slunečního plazmatu v konvektivní vrstvě. Jasnější skvrnky představují vrcholky vzestupných proudů, které do fotosféry přinášejí teplejší materiál z podpovrchových vrstev. Poté, co se materiál díky intenzivnímu vyzařování ochladí, projeví se nám ve fotosféře jako tmavší skvrnka a klesá zpět pod povrch. Pozor, nezaměňovat se slunečními skvrnami. Rozměry těchto útvarů jsou řádově 1000 – 2000 km. Sluneční granulace si můžeme vyrobit pomocí jedlého oleje a stříbřenky. V kádince nebo konvici rozmícháme olej se stříbřenkou a uvedeme do varu. Na hladině pak pozorujeme vzestupné proudy, které nám simulují sluneční granulaci.



Kometa

Poslední recept v naší kuchařce je už opravdu chuťovka. Uvaříme si kometu. O kometách někteří tvrdí, že na Zemi přinesly život, a proto je již navštívilo několik sond. Velmi trefně vystihl charakter komety astronom Fred L. Whipple, který tvrdil, že kometa je „špinavá sněhová koule“. Kometární jádro je vlastním tělem komety. A právě výroba kometárního jádra nás nyní čeká. Budeme k tomu potřebovat šlehačku (představuje led), čokoládové lupínky (nečistoty), čokoládový sirup (prachové částičky v ledu), cukr a igelitový pytlík na mražení. Do igelitového sáčku nalijeme šlehačku, přidáme cukr a čokoládový sirup a nakonec dosypeme hrst čokoládových lupínků. Směs pak promícháme a necháme zmrazit, ke zmrazení můžeme použít mrazák nebo tekutý dusík. Výsledná hmota bude vypadat jako nevzhledný kus špinavého ledu. A komety nejsou vlastně nic jiného než špinavý ledový kus letící vesmírem a obsahující nečistoty. Cukr je tam jen pro dochucení. Existuje ještě model nejedlé komety, ale to si necháme napříště.

Použitá literatura:

[1] <http://navod.hvezdarna.cz>

[2] <http://www.astro.cz>

[3] <http://astro.pef.zcu.cz>

[4] <http://fyzweb.cuni.cz>

[5] <http://www.astro.zcu.cz> - sem bych rád umístil časem další popisy pokusů

[6] Robin Kerrod, Gilda Sparrow: *Jak funguje vesmír*, DK Universum

Zkoumáme vzduch

Zdeněk Drozd

Katedra didaktiky fyziky MFF UK Praha

Abstrakt

Vzduch je pro nás mimořádně důležitý a zaslouží si určitou pozornost v hodinách fyziky. Některé jeho vlastnosti můžeme zkoumat za pomoci jednoduchých pomůcek. V následujícím příspěvku je popsáno několik pokusů se vzduchem. Uplatnění naleznou asi hlavně na základních školách, i když je pravděpodobné, že zaujmou i studenty na gymnáziích.

Co a proč budeme zkoumat

Mezi důležité charakteristiky vzduchu patří jeho hustota a tlak. Pokuste se je změřit. Nepoužijete ale běžné přístroje – vyrobíte si je sami. Důležitou pomůckou bude jednoduchá tlaková láhev, pro jejíž výrobu vám poslouží plastová láhev a automobilový ventilek. Použijete ji ještě k jiným experimentům se vzduchem. Pokusy, které jsou popsány dále, jsou poměrně známé. Nejde o nic originálního, přesto je ale asi užitečné je občas připomenout. Pojd'te se tedy do nich pustit.

Vážení vzduchu

Tímto pokusem se pokusíte zvážit určitý objem vzduchu. To znamená, že získáte údaje pro výpočet hustoty vzduchu. Budete potřebovat nějaké vahadlo. To, které bylo použito v Náchodské dílně, bylo vyrobeno z plexiskla (vyříznuto pilkou na železo a obroušeno). Takové vahadlo sice vypadá efektně, ale jeho zhotovení je zbytečně pracné a zdlouhavé. S jeho výrobou si ale jistě nějak poradíte. Vahadlo má na koncích pomocí pevné niti přivázaný dvě čepičky od automobilového ventilků.

Další důležitou pomůckou jsou dvě plastové lahve (1,5 l) s upravenými víčky. Úprava spočívá v tom, že do víček namontujete automobilové ventilků. Ty seženete v pneuservis. Používají se pro bezdušové pneumatiky. Cena ventilků je asi 40 Kč. Změřte pro jistotu průměr ventilků. (Náchodské ventilků měly průměr 13 mm, ale možná, že koupíte jiný.) Do víčka plastové lahve vyvrtejte otvor stejného průměru a začistěte jej. Můžete použít vrták do dřeva a vrtat přímo rukou (vrtačka není nutná). Pro jistotu držte vrták v nějaké staré rukavici – snadno byste se jinak mohli pořezat. Ventilek potom do vyvrtaného otvoru ve víčku nasuňte. Nasouvání jde ztěžka – nebojte se použít větší sílu. Víčko našroubujte na láhev a jste hotovi.

Láhve budete potřebovat dvě. Jedna bude sloužit jako závaží, ve druhé budete vážit vzduch. Jednu z nich tedy natlakujte pomocí vhodné hustilky, nebo kompresoru. Dříve, než se do toho pustíte, sežene si ještě asi půl metru dlouhou hadičku, kterou lze těsně navléknout na ventilek. Měla by to být pokud možno měkká hadička.

Přistupte k samotnému měření. Natlakovanou láhev připevněte na jeden konec vahadla, druhou láhev na konec druhý. Vahadlo pečlivě vyvažte (lze použít např. kolíček na prádlo, který posouváte po vahadle). Nyní vahadlo podepřete nebo nějak jinak zajistěte a láhev se stlačeným vzduchem opatrně sundejte. Vezměte dvoulitrovou plastovou láhev plnou vody, obraťte ji dnem vzhůru a ponořte (hrdlem dolů) do kbelíku s vodou. Držte láhev tak, aby

hrdlo bylo několik cm pod hladinou a odšroubujte víčko. Láhev nechejte podržet pomocníkoví. Na ventilek láhve se stlačeným vzduchem nasuňte hadičku a její druhý konec zasuňte do láhve s vodou (ve kbelíku). Přes hadičku mačkejte ventilek a vypouštějte vzduch z láhve. Vzduch vytlačuje vodu z druhé láhve. Ta má objem 2 litry, takže až bude voda téměř vypuzena, ubudou z „tlakové lahve“ 2 litry vzduchu. Láhev, která je nyní lehčí o vypuštěné dva litry vzduchu, opět našroubujte na vahadlo. Je vidět, že je skutečně lehčí. Dovažte ji vhodným závažím. Hmotnost 2 l vzduchu je zhruba 2,5 g. Můžete si tedy předem připravit vhodné závaží. Vyrobite jej např. z plastové destičky a napište na něj hmotnost. Podařilo se vám zvážit vzduch. Následující fotografie (obr. 1) ukazuje vahadlo s láhvemi.



Obr.1. Vahadlo s láhvemi

Vodní barometr

Dalším pokusem změříte atmosférický tlak. Požijete k tomu vodní barometr. Ten zřejmě jako první používal při svých slavných pokusech v Magdeurgu Otto von Guericke. Vodní barometr je poměrně známý.

Budete potřebovat něco více než 10 m dlouhou hadici (jakoukoliv zahradní hadici – vybírejte raději nějakou lehčí, dobře ohebnou). Efektní je, když jeden její konec opatříte ještě skleněnou trubicí. Je ji nutné pevně a vodotěsně přilepit (vhodné je např. epoxidové lepidlo). Konec trubice zašpuntujte, špunt pořádně utěsněte a do trubice zalepte. Mě se osvědčilo spoje trubice s hadicí a špuntem omotat barevnou elektrikářskou lepicí páskou, přetřít epoxidovým lepidlem, po zaschnutí omotat druhou vrstvou pásky a opět přetřít epoxidem. Barometr bude samozřejmě fungovat i bez skleněného zakončení. V tom případě vlepíte špunt přímo do hadice. Takto uzavřený konec hadice ještě opatříte nějakým očkem nebo háčkem, za nějž celý barometr přivážete k provazu. Počítejte s tím, že barometr naplněný vodou něco váží. Úchyt musí proto být pevný a spolehlivý. (Používám kovový úchyt, který je provlečený provrtaným špuntem. Špunt je atypický – vyrobený z tvrdého plastu. Použijete-li gumový nebo korkový špunt, budete asi muset hadici upevnit nějak jinak.)

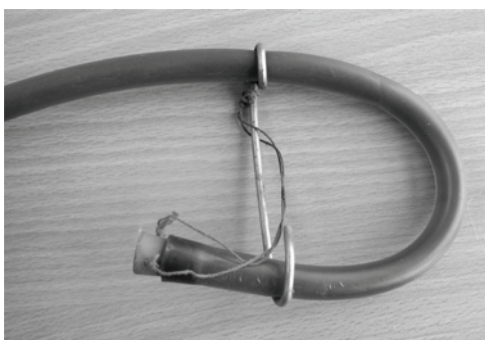
Hadici naplňte obarvenou vodou. Nesmí v ní zůstat žádné vzduchové bublinky (je to poměrně náročná operace). Po naplnění zašpuntujte hadici a její konec (ten opačný, než o kterém byla řeč před chvílí) ohněte do tvaru písmem U. V tomto tvaru zajistěte konec hadice drátem. Ohnutý konec je asi 10 cm dlouhý. Hadici spustěte z přiměřeně vysokého okna. Horní konec přivažte na provaz, který buď držte, nebo někam přivažte. Dole potom vyndejte špunt. Trocha vody vyteče, ale zbytek zůstane v hadici. Po chvíli hadici opět zašpuntujte. Na horním konci označte, kam klesla voda. Po opětovném vytážení hadice změřte délku hadice od spodní části až ke značce, kam klesla voda. Tím zjistíte, jak vysoký sloupec vody vzduch udržel v hadici. Z toho již můžete zkusit vypočítat tlak vzduchu.

Detaily vodního barometru ukazují následující obrázky. Na obr. 2 je barometr jako celek, na obr. 3 detail zakončení s gumovým špuntem a obr. 4 ukazuje horní konec barometru s kovovým okem pro zavěšení.



Obr. 2. Vodní barometr jako celek

Pokusy s tlakovou lahví



Obr. 3. Zakončení s gumovým špuntem



Obr. 4. Konec s okem pro zavěšení

Tlakovou láhev z předchozího pokusu můžete využít i k dalším pokusům. Můžete pomoci ní např. ukázat izochorické stlačování vzduchu nebo jeho adiabatickou expanzi. Pokusy jsou velice jednoduché. Pomocí hustilky zvětšíte tlak vzduchu v lahvi. Ihned po nahuštění na láhev sáhněte – cítíte, že vzduch se ohřál. Při izochorické kompresi se tedy zvětšuje tlak a teplota. To je v souladu se známým vzorcem pro izochorický děj:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}, \quad (1)$$

kde p je tlak a T teplota.

Když natlakovanou láhev vypustíte (tak, že stisknete vypouštěcí výčnělek ve ventilkem), láhev se ochladí. Změna tlaku, ke které přitom došlo, proběhla poměrně rychle, vzduch neměl dostatek času na to, aby si vyměnil teplo s okolím, a tento děj lze považovat za adiabatický. Při adiabatické expanzi se plyn ochlazuje, což popsaný pokus umožní pozorovat.

Závěr

Uvedené pokusy jsou pouze motivací k jiným podobným. Lze jimi ukázat nejenom příslušný fyzikální děj a vlastnost vzduchu, ale slouží zároveň i pro rozvíjení experimentálních dovedností žáků a vedou k tvůrčímu fyzikálnímu myšlení.

Na závěr ještě jedno upozornění.

S tlakovou lahví pracujte opatrně. Nikdy na nikoho nemiřte ventilkem, je-li láhev nahuštěna. Nenaklánějte se nad lahev a nenechávejte ji nikde bez dozoru. Kdyby stlačený vzduch utrl víčko s ventilkem, mohlo by dojít ke zranění.

Pokusy se zvukovou kartou

Leoš Dvořák

KDF MFF UK Praha

Abstrakt

Příspěvek ukazuje několik možností, jak pomocí počítače se zvukovou kartou a volně dostupných programů provádět jednoduché pokusy i kvantitativní měření využitelná ve výuce fyziky. Do vstupu zvukové karty přitom nemusíme zapojovat jen mikrofon, ale i fototranzistor či další prvky – přitom celkově vystačíme se součástkami v ceně do několika desítek korun.

Úvod – co nás čeká

Počítač lze už dnes považovat za široce rozšířenou a běžně dostupnou pomůcku. Chceme-li jej použít k měření, musíme buď mít některý z ne právě levných systémů (např. ISES či IP-Coach), nebo zkusit využít zařízení, které má dnes už téměř každý počítač – zvukovou kartu. Po velmi stručném seznámení se vstupy a výstupy zvukové karty a s jejich základními vlastnostmi se podíváme na příklady toho, co a jak k nim lze připojit a co a jak lze s uvedeným jednoduchým hardware ve školních fyzikálních pokusech měřit. Rozhodně nepůjde o vyčerpávající popis všech možností, spíše o náměty. Zejména techničtější zaměření učitelé mohou nápady zde uvedené široce rozvinout. Základních pokusů se zvukovou kartou se však nemusí bát ani začátečník.

Vstupy a výstupy zvukové karty

Typická levná zvuková karta má dva vstupy (mikrofonní a tzv. linkový, „line-in“) a jeden výstup (linkový, „line-out“).

Mikrofonní vstup je citlivější (uvádí se, že snese napětí do cca 0,2 V), ale mívá nižší odpor (např. 600 Ω). Bývá monofonní, to znamená, že jím lze do počítače přivést jen jeden signál. Na mikrofonní vstup je (vevnitř v počítači) přivedeno přes rezistor stejnosměrné napětí, které slouží k napájení elektretových mikrofonů. (To jsou ty malé levné, mají v sobě už zesilovač a právě ten je z mikrofonního vstupu počítače napájen.)

Linkový vstup je méně citlivý, uvádí se, že „bere“ napětí do asi 1 V, ale mívá vyšší odpor (asi 50 k Ω) a většinou bývá stereofonní, umožňuje tedy do počítače přivést dva signály (pro levý a pravý kanál). Do linkového výstupu dodává zvuková karta napětí řádově 1 V (v případě mého notebooku to bylo 0,4 V, výstupní odpor činil asi 20 Ω), výstup je stereofonní.

Pro rychlou laickou orientaci: zdířka konektoru mikrofonního vstupu bývá růžová a strká se do ní (také růžový) konektor od mikrofonu. Zdířka linkového vstupu bývá modrá, zdířka linkového výstupu zelená – do ní se strká konektor reproduktorových soustav.

To, který vstup signálu pro další zpracování vybereme, nastavujeme ve Windows v programu *Ovládání záznamu*. Lze se k němu dostat přes program *Ovládání hlasitosti*, když v menu *Možnosti/Vlastnosti* vybereme variantu *Záznam*. V programu *Ovládání záznamu*, do kterého se takto přepneme, lze nastavovat i citlivost vstupů a často též dodatečné zesílení pro mikrofonní vstup. V samotném programu *Ovládání hlasitosti* zas nastavujeme, jaký signál půjde na linkový výstup.

Aby to nebylo tak jednoduché, mají některé notebooky spojen mikrofonní a linkový vstup. Linkový vstup je v tomto případě jen monofonní, tedy jednokanálový. Pro připojení některých našich zařízení (viz dále) budeme přesto potřebovat *stereofonní* konektor. Jeden vývod konektoru (spojený se špičkou a, viz obrázek) nás totiž propojí na vstup, na druhém vývodu (b) je již zmíněné napětí pro napájení elektretového mikrofону. (Pro naše pokusy bude většinou potřeba v konektoru tyto vývody spojit.)



Co a jak lze připojit ke vstupu zvukové karty

Pro připojení ke zvukové kartě potřebujeme konektory typu „jack“ o průměru 3,5 mm. Jak už bylo řečeno, využijeme spíš typ „stereo“. Signál je ke konektoru vhodné přivádět stíněným kablíkem, který k vývodům konektoru připájíme. (Stínění k největšímu vývodu konektoru; ten je spojen s „nožičkou“ konektoru označenou na obrázku výše písmenem c.) Podívejme se teď na příklady toho, co můžeme ke zvukové kartě připojit.

Mikrofon (malý elektretový)

Malý elektretový mikrofon je velmi laciný (typ MCE100 lze v GM Electronic koupit za 10 Kč, ceny dalších typů viz např. [1]). Stínění kablíku připájíme na ten vývod mikrofónu, který je spojen s pláštěm mikrofónu (střední žílu kablíku samozřejmě k druhému vývodu mikrofónu). Ve stereofonním konektoru, který budeme strkat do mikrofonního vstupu, propájíme přívody pro levý a pravý kanál (spojené s kontakty a a b, viz obrázek) a k nim připájíme střední žílu kablíku. Pak bude mikrofon fungovat i při připojení do „kombinovaného“ vstupu zvukové karty některých notebooků, který byl popsán výše.

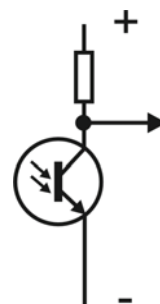
Správné připojení mikrofónu a to, že je mikrofonní vstup vybrán, ověříme např. programem *Záznam zvuku* z Příslušenství Windows (z části Zábava) nebo pomocí některého „osciloskopického“ programu popsaného dále.

Fototranzistor

Stejně jako mikrofon můžeme k mikrofonnímu vstupu připojit *fototranzistor*. Fototranzistor stačí ten nejlevnější. Na dílně jsme používali typ IRE5 nakoupený v GM Electronic za 4,40 Kč. (Pozn.: Podobné ceny lze čekat v ostatních prodejnách ze součástkami.)

Fototranzistor vypadá na první pohled jako fotodioda: má jen dvě nožičky. To proto, že báze není vyvedena. Místo, abychom proud mezi kolektorem a editorem řídili proudem do báze, ovládáme ho osvětlením.

Správnou polaritu fototranzistoru raději vyzkoušíme. Stačí jej přes miliampérmetr, např. malý multimetr nastavený na měření proudu, připojit k ploché baterii a sledovat, zda při osvětlení proud fototranzistorem roste a při zaclonění klesá. (Možná přitom pro klid duše zapojte do série s fototranzistorem ještě ochranný rezistor o odporu několik set ohmů pro omezení proudu.) Takto můžeme činnost fototranzistoru demonstrovat i žákům. Ještě efektnější je místo miliampérmetru zapojit do obvodu svítivou diodu (LED). Při posvícení na fototranzistor pak LED svým svitem indikuje procházející proud.



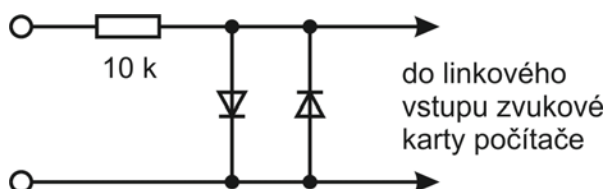
Při připojení ke zvukové kartě je fototranzistor napájen přímo z mikrofonního vstupu. Na stínění kablíku (připojeného druhým koncem na konektor tak, jak bylo popsáno výše) je přitom mínus pól, na střední žíle plus pól. Správné připojení fototranzistoru můžeme

vyzkoušet opět pomocí programu „Záznam zvuku“. Stačí fototranzistor přiblížit k monitoru počítače. Signál přitom můžeme slyšet i z reproduktoru počítače. Pozn.: Frekvence, kterou takto slyšíme, je řádkovou frekvencí monitoru (v případě monitoru CRT, tedy s klasickou obrazovkou). Pomocí dále zmíněného software můžeme tuto frekvenci změřit; bývá např. 75 Hz. U LCD monitoru naměříme víc, např. okolo 300 Hz – proč, to je otázka pro zvědavé...

Cokoli jiného – a jak přitom ochránit počítač

Na vstup zvukové karty ale můžeme připojit i leccos jiného, např. nějaký obvod, který zkoumáme. (Příklady uvedeme dále.) Jsme-li si úplně jisti, že na našem obvodu nebude vyšší napětí, můžeme jej ke vstupu zvukové karty připojit přímo. Konec konců, vstup musí něco vydržet, třeba přímý dotyk prstu na vstupní zdířku, i když díky tření můžeme být nabiti na ne právě nízký potenciál. Ovšem člověk nikdy neví, a zničit zvukovou kartu například vinou nějaké indukční špičky z připojené cívky by nebyl zrovna dobrý experiment. Je proto rozumné ochránit vstup počítače ochranným členem. Stačí k tomu dvě diody a jeden rezistor.

Zapojení ochranného členu ukazuje obrázek. Diody jsou křemíkové; v dílně jsme používali diody označované jako „rychlé“, konkrétně typu 1N4936 v ceně něco přes korunu za kus. Na přesné hodnotě odporu rezistoru nezáleží.



Zvolených 10 kΩ je dostatečně malý odpor oproti vstupnímu odporu linkového vstupu zvukové karty a přitom dost, aby rezistor omezil proud do ochranného členu. Obvod totiž funguje tak, že při malém napětí na vstupu (např. 0,2 V) diodami prakticky neteče žádný proud (slangově bychom řekli, že jsou „zavřené“), takže nijak neovlivňují procházející signál. Při vyšším napětí (0,5 V a více) se diody „otvírají“, teče jimi vyšší proud (vzpomeňte si na voltampérovou charakteristiku diody!) a nebezpečné napětí tak vlastně „zkratují“. Pokud by napětí na vstupních svorkách našeho obvodu bylo např. 1000 V, tekla by rezistorem proud asi 0,1 A a napětí na vstupu zvukové karty by diody omezily na asi 0,6 V. (Ovšem pozor, výkon na rezistoru by byl 100 W, takže náš obvod chrání spíše před náhodnými krátkými špičkami napětí, které ani rezistor na malé výkonové zatížení nestačí výrazněji zahřát, neřkuli zničit.)

Poznámka: Tento vstupní člen samozřejmě omezuje velikost napětí, které můžeme počítačem měřit. Potřebujeme-li měřit či analyzovat vyšší napětí, musíme je zmenšit odporovým děličem. Pro napětí do řádově 1 V, které by ještě zvuková karta dokázala zpracovat, by druhou možností bylo použít v ochranném obvodu několik diod v sérii.

Výstup našeho obvodu propojíme s počítačem konektorem – zde stačí užít monofonní „jack“ nebo, v případě stereofonního konektoru, nechat volný prostřední kontakt konektoru (b). Pak by mělo vše fungovat i u kombinovaných vstupů. Funkci připojení zkontrolujeme nejjednodušeji tak, že prstem sáhneme na vstupní svorku (tu „živou“, nespojenou se „zemí“ počítače). Napětí, které se na nás indukuje díky tomu, že je v okolí elektrická síť, většinou dá dostatečný vstupní signál.

Jak připojit výstup

Výstup zvukové karty vyvádím přes ochranné rezistory (v mém případě 10 Ω), spíše pro klid duše, kdybych náhodou výstupní svorky zkratoval, i když by zvukové karty měly být proti zkratu chráněny.

Programy využitelné pro pokusy a měření

Programů, které lze využít pro pokusy a měření se zvukovou kartou, lze najít řadu. V některých případech jde o profesionální software; kvalitní, ale prodáváný za nemalé peníze. Dále je stručně popsáno několik programů, které jsou pro výukové použití zdarma (nebo lze využít jejich sharewarovou verzi). Není tím ovšem řečeno, že jiné programy nebudou pro některé uživatele vhodnější či pohodlnější. Prostě – používejte ten software, který je dostupný a s nímž se vám bude dobře pracovat.

Jednoduchý osciloskop (Winscope)

Program *Winscope* autora K. Zeldoviče jsme v jedné z dílen Heuréky již využili dříve, proto jej zde nebudu blíže popisovat. (Stručný popis tohoto software a práce s ním viz [2].) Přestože jde o program osm let starý, stále je ještě dobře použitelný. Jeho výhodou je, že dobře funguje na starších počítačích. Problémy naopak má s některými moderními vícekanálovými zvukovými kartami. *Winscope* lze stáhnout ze serveru Fyzweb. Pro výukové využití je k dispozici zdarma.

SoundCard Scope

Moderním „osciloskopickým“ programem, který je v současnosti (2005) dále vyvíjen, je *SoundCard Scope* C. Zeitnitze. Program autor rovněž uvolnil pro výukové účely zdarma. Lze si jej stáhnout ze stránek [3] a je k dispozici na CD [4].

Program umožňuje pozorovat a měřit jak časový průběh signálu, tak jeho frekvenční spektrum. Přitom lze nastavovat časovou základnu osciloskopu (tedy rozsah zobrazených časů), zvětšovat detaily ve frekvenční oblasti spektra atd. Součástí programu je i signální generátor, jímž lze nezávisle do levého a pravého kanálu generovat signály různých průběhů (sinusového, trojúhelníkového, obdélníkového a pilového) v rozsahu frekvencí od 1 Hz do 10 kHz a nastavovat i jejich vzájemnou fázi.

Cool Edit

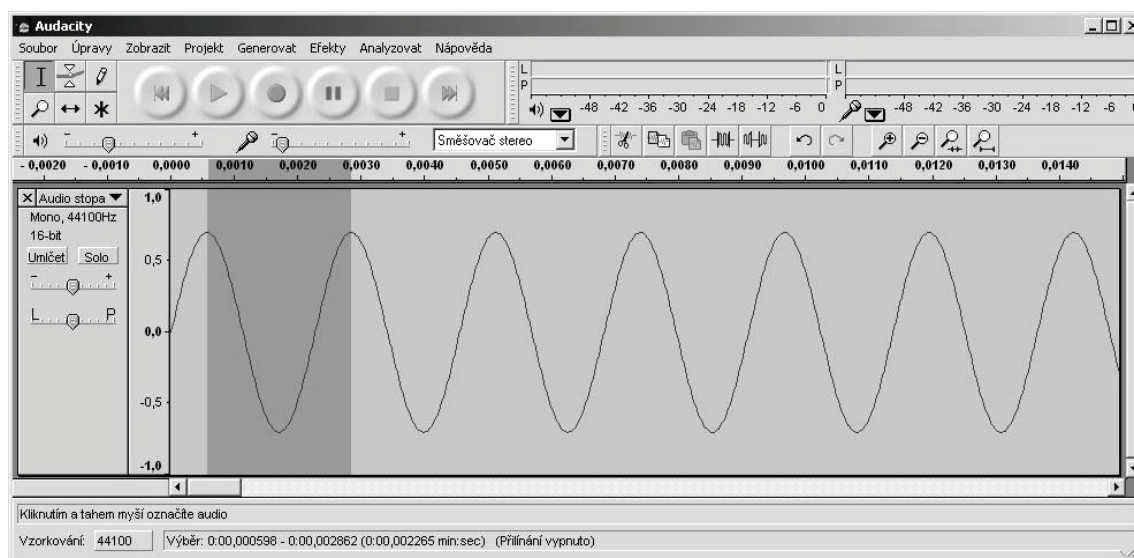
Někdy osciloskop nestačí – například když je potřeba nahrát delší časový úsek signálu. Programů, které to umí, je víc. Mezi nejlepší patřil svého času *CoolEdit 2000*, produkt společnosti Syntrillium. Kromě nahrání umožňoval signály také upravovat a provádět jejich frekvenční analýzu. Výhodou bylo, že *CoolEdit* byl shareware, takže bylo možno 30 dnů používat jeho demoverzi. Pak sice demoverze přišla o možnost ukládat nahrané signály, pro využití ve školních fyzikálních měření však stále vyhovovala velmi dobře. Poté ale tento produkt koupila společnost Adobe a přeměnila jej v *Adobe Audition*, program sice ještě kvalitnější, ale již striktně za (ne zrovna malé) peníze. Demoverzi *CoolEditu*, která je již oficiálně nedostupná, lze dosud na některých webových stránkách najít a stáhnout. Určitá „nestandardnost“ takového postupu je však asi dobrým důvodem poohlédnout se pro použití ve škole po jiném, opravdu volně šířitelném programu.

Audacity

Program *Audacity* v nápovědě sám sebe označuje za „svobodný editor digitálního zvuku“. Informace o něm lze nalézt a sám program stáhnout na webových stránkách [5]. Je to volně dostupný software vyvíjený v rámci GNU licence a je tudíž pro nekomerční použití zdarma. Příjemné pro použití ve škole je to, že existuje ve verzi s českým ovládáním. Nápověda je ovšem anglická.

Jak je z uvedeného zřejmé, program *Audacity* není primárně určen k měření, ale k úpravám zvuků. Můžeme si také s jeho pomocí například nahrát hudbu ze starých gramofonových desek, podle potřeby z ní odfiltrovat šum, a uložit ji ve formátu mp3. (Na webových stránkách [5] v části Návod – Často kladené dotazy, k tomu najdeme informace, odkud stáhnout a jak jednoduše doinstalovat k tomu potřebný software LAME MP3 encoder.)

I když je tedy program *Audacity* vyvíjen vlastně pro něco jiného, přesto jej lze pro naše účely dobře použít. Umožňuje zvuk nahrát, zobrazit jeho časový průběh včetně detailů, velmi přesně v něm měřit časy a provádět též frekvenční analýzu signálu (tj. zobrazit spektrum zvuku a měřit v něm frekvence).



Obrázek ukazuje, že základní ovládací prvky *Audacity* se tváří jako tlačítka na magnetofonu, takže nahrát zvuk není problém. Malými tlačítky s ikonou lupy lze pak roztahovat či stlačovat časovou osu a prohlížet detaily. V okénku se zobrazným průběhem signálu lze časový interval vybrat myší (při stisknutí levém tlačítku). Na spodní liště okna se přitom s přesností na mikrosekundy zobrazují časové údaje.

Při našich měřeních budeme asi nejčastěji využívat menu pod položkou *Zobrazit*. Umožní nám jednak roztáhnout vybraný časový interval na celou délku okna (zkratka pro tuto akci je Ctrl+E) nebo v okně zobrazit celý nahraný zvuk (Ctrl+F). Najdeme tam i položku *Vykreslit spektrum*, která otevře okno s frekvenčním spektrem signálu ve zvoleném výběru. (Pozor, nejprve musíme určitou část signálu vybrat!) V okně se spektrem signálu je vhodné vybrat *logaritmický* průběh frekvencí (Log frekvence) a v okénku nad ním větší počet bodů, z nichž se spektrum počítá, než standardních 512. Spektrum pak bude obsahovat více detailů. (Lze nastavit až asi 16 tisíc bodů – pozor však, aby vybraný časový interval vůbec tolik bodů obsahoval, jinak se spektrum nevykreslí jemněji nebo se případně nevykreslí vůbec.) V okénku se spektrem lze odečítat hodnoty pomocí kurzoru ovládaného myší; program přitom automaticky hledá nejbližší špičku („pík“) ve spektru. Příjemné je, že okno s frekvenční analýzou lze zvětšit, třeba až na celou obrazovku.

Pokusy: zkoumáme frekvence

Netradiční pokus na začátek – jak snímat kmity struny bez mikrofonu

K linkovému vstupu připojte (přes výše popsany ochranný člen) konce kovové struny na kytarě. (Hodí se nejvyšší struna „e“, přívody na strunu připojte krokodýlky samozřejmě až

za kobylkou a za posledním pražcem, aby struna mohla volně kmitat.) Signál sledujte např. programem *SoundCard Scope*, a to jak časový průběh, tak frekvenční spektrum.

Brnknete-li na strunu, počítač neukáže žádný signál. Pokud však ke struně přiblížíte dostatečně silný magnet (stačí několik spojených feritových magnetů na nástěnky), indukuje se v pohybující se struně elektrické napětí a počítač nám ukáže příslušný signál. (Pozor, indukované napětí je velmi malé, nastavte proto v programu *Ovládání záznamu* citlivost na nejvyšší hodnotu.)

Zde nebudeme podrobněji rozebírat, s kterými partiemi fyziky tento pokus souvisí a k čemu všemu by ho šlo ve škole využít. Stojí však za to upozornit, jak se ve spektru signálu projeví to, že snímáme kmity struny prakticky v jednom místě (v tom, k němuž jsme přiblížili magnet). Umístíme-li magnet do poloviny struny, bude ve spektru signálu přítomna základní frekvence a pak až její trojnásobek (často označovaný jako „třetí harmonická“). Dvojnásobná, čtyřnásobná atd. frekvence (tedy sudé harmonické) budou ve spektru prakticky chybět. Studentů se lze ptát na vysvětlení – a případně jim napovědět otázkou, jak vypadají kmity struny o základní a jak kmity o dvojnásobné frekvenci. (Ovšem, kmity s frekvencemi sudých harmonických mají v polovině struny uzly...) Podobně lze dát magnet do třetiny délky struny a potlačit tak signál s trojnásobkem, šestinásobkem atd. základní frekvence. Vhodné je též ukázat, že při drknutí trsátkem blízko konce struny (u kobylky) je výraznější zastoupení vyšších harmonických, než rozechvějeme-li strunu bříškem palce blízko poloviny délky.

Jak měřit frekvenci otáček

Frekvenci otáček káči, vrtačky a podobných rotujících věcí můžeme pohodlně měřit pomocí fototranzistoru. Je-li frekvence dostatečně vysoká, stačí signál vyhodnocovat v některém z osciloskopických programů v režimu zobrazení spektra.

Výrazný signál dostaneme, jestliže například jednu polovinu hřídele či sklíčidla vrtačky obarvíme na bílo (stačí na ni přilepit bílou nálepkou) a druhou necháme tmavou. Fototranzistor, který ze vzdálenosti několika centimetrů namíříme na hřídel, pak snímá výrazné změny odraženého světla. Pokus nás však přesvědčí, že dokonce fototranzistor v blízkosti nijak neupraveného sklíčidla vrtačky dává sice slabý, ale přesto použitelný signál, z něhož frekvenční analýza „vytáhne“ základní frekvenci otáčení. (Na podrobnější popis a rozbor zde není místo – snad mu někdy věnuji samostatný příspěvek.)

Při nízkých otáčkách, např. v případě káči, je vhodnější nahrát signál programem *Audacity* a změřit periodu v časovém průběhu signálu. K tomu je vhodné udělat na káče či její ose výraznou značku, která se v signálu projeví zřetelným skokem či „píkem“. Chceme-li získat ještě výraznější signál, pomůže, když na dané místo na káče svítíme tužkovým laserem. (Pozor ale na případné odrazy, aby paprsek nepadl nikomu do oka!)

Frekvence kmitů pravítka

Pravítko přečnívající přes hranu stolu krásně drní. Vyšší frekvence můžeme přímo snímat mikrofonom. Pomalejší kmity (v případě běžného plastického pravítka přečnívajícího o 15 cm a více) můžeme sledovat opět fototranzistorem. Stačí ho k pravítku přiblížit tak, aby na něj při kmitech pravítka dopadalo měnící se odražené světlo. Periodu můžeme opět měřit třeba v programu *Audacity*. (Malý trik, který nám může pomoci, chceme-li ve frekvenčním spektru měřit kmity příliš pomalé: V menu programu *Audacity* je pod položkou *Efekty* možnost *Změnit rychlost*. Nastavíme-li změnu rychlosti na +400%, zkrátí se délka záznamu 5x a všechny frekvence budou 5x větší.)

Pokusy: měření rychlosti

Měření rychlosti zvuku

První způsob vychází ze základní frekvence kmitů otevřené píšťaly. Vlnová délka λ těchto kmitů je dvojnásobkem délky píšťaly (zanedbáme-li korekci na průměr trubice), pro rychlost zvuku platí $c = \lambda \cdot f$. Pro určení frekvence nemusíme na píšťalu ani pískat. Stačí vložit malý mikrofon do trubky otevřené na obou koncích (stačí trubka od vysavače) a ve frekvenčním spektru si všimnout, která frekvence je rezonancí v trubce zdůrazněna. Zdůrazněny jsou samozřejmě i vyšší harmonické.

Druhý způsob využívá odrazu zvuku na blízké překážce: stěně, stropu apod. (Viz [2].)

Jak rychle dokážete švihnout rukou?

Rychlost švihů ruky můžeme změřit fototranzistorem fungujícím jako optická závora. Dlaní ruky přerušíme světlo dopadající na fototranzistor z baterky (svítivé diody apod.). V programu *Audacity* změříme dobu, jakou byl fototranzistor zastíněn. Ze známé (změřené) šířky dlaně pak spočteme rychlost.

Upozornění: Při tomto a podobných pokusech se výrazně projeví fakt, že zvuková karta zpracovává jen *střídavé* vstupní signály. (Někde na cestě signálu je sériově zapojený kondenzátor!) Budeme-li dlouho svítit na fototranzistor nebo ho na dlouhou dobu zakryjeme, nebude se vstupní napětí měnit a v počítači uvidíme nulový signál. V časovém průběhu se projeví pouze *změna* – a pak se zas signál (exponenciálně) vrací k nule. Vyzkoušejte si předem, jak zaznamenaný signál reaguje na osvětlení a zakrytí fototranzistoru a rozmyslete si, proč tomu tak je, abyste nebyli zaskočení dotazy studentů.

Pokusy: měření časů

Měření časů – a třeba i tíhového zrychlení

Na proužek papíru dlouhý 10-15 cm namalujte tmavým fixem kolmo na délku proužku výrazné čáry ve vzdálenosti 1 cm od sebe. Na jeden konec proužku přidejte závažíčko, třeba několik kancelářských svorek. Druhý konec proužku držte v prstech – proužek tedy visí dolů, kdybyste jej pustili, začal by padat. Na proužek u spodního konce svíťte tužkovým laserem a odražené světlo snímejte fototranzistorem. Začněte (např. programem *Audacity*) nahrávat signál z fototranzistoru a pusťte proužek. Jak padá, osvětluje laser střídavě bílý papír a tmavé čáry. Tyto změny osvětlení sejme fototranzistor a zaznamená počítač. Časy, kdy byl v místě laserového paprsku tmavý proužek, můžeme pak v programu pohodlně odečíst. Další zpracování lze provést třeba v Excelu: ověřit, že pohyb je rovnoměrně zrychlený a ze změřených dat třeba vypočítat tíhové zrychlení.

Tíhové zrychlení lze samozřejmě určit také z periody kyvů matematického kyvadla. Na dílně jsme realizovali nápad M. Macháčka využít k měření periody kyvů rovněž počítač. Kyvadlem byla matička zavěšená na niti. Průchod závěsu (nitě) rovnovážnou polohou byl snímán fototranzistorem pracujícím jako světelná závora nebo tak, že snímal světlo odražené od niti, když protнула laserový paprsek.

Měření doby rázu kladiva a kovadliny

Následující měření dlouhá léta předváděl na přednáškách na MFF ing. A. Caletka pomocí systému ISES. Lze však využít i programu *Audacity*. Princip je jednoduchý: Kladivo a

kovadlina představují spínač – když se dotýkají, je na vstup zvukové karty přivedeno napětí z ploché baterie. Doba rázu činí několik desetin milisekundy, což lze při kmitočtu vzorkování 44100 Hz pohodlně změřit s přesností řádově 10%. (Zajímavé je spočítat z naměřené doby a odhadnuté či změřené rychlosti a hmotnosti kladiva sílu působící při rázu.) Je poučné naměřit dobu rázu též v případě, kdy mezi kovadlinou a kladivem je hřebík (ještě lépe jeho kolmo postavená hlavička), a v případě, kdy tam je kousek cínu.

Využíváme i výstup zvukové karty

Kromě vstupů můžeme při pokusech výhodně využít i linkový výstup zvukové karty. K výstupu lze připojit běžné aktivní reproduktory a například pomocí signálních generátorů v programu *SoundCard Scope* různě pískat, demonstrovat tóny různých frekvencí, skládání dvou frekvencí, rázy, případně i interferenci vlnění. Tóny či bílý šum můžeme generovat a pak přehrávat i v programu Audacity.

Řadu zajímavých pokusů lze také realizovat tak, že signál z výstupu přivedeme přes některé další prvky zpět na vstup zvukové karty.

Jaký vstupní odpor má zvuková karta?

Jestliže linkový vstup (s ochranným členem) připojíme přímo na výstup zvukové karty, můžeme v programu *SoundCard Scope* nastavit výstupní amplitudu tak, aby zobrazení časového průběhu ukazovalo amplitudu v maximálním rozsahu (1, tedy „přes celé stínítko osciloskopu“). Relativně k této amplitudě pak můžeme počítačem v roli osciloskopu měřit vstupní napětí.

Propojme teď výstup se vstupem nikoli přímo (kusem drátu), ale rezistorem. Použijeme-li rezistor o odporu asi 50 kiloohmů (např. 47 kΩ), zjistíme, že osciloskop neukazuje amplitudu rovnou 1, ale asi poloviční (0,5). Proč je tomu tak? Náš rezistor o odporu 47 kΩ tvoří se vstupním odporem zvukové karty odporový dělič. A kdy zmenšuje odporový dělič napětí v poměru 1:2? Právě když jsou oba odpory stejně velké. Takže jsme ověřili, že vstupní odpor zvukové karty je asi 50 kΩ.

Poznámka: Pro tento experiment používejte spíše nižší frekvence (např. 440 Hz), aby se neprojevila vstupní kapacita zvukové karty. (Na dílně přišel Z. Polák s hezkým nápadem pro náročnější zájemce: zkusit podobným postupem změřit vstupní kapacitu zvukové karty.)

Demonstrujeme vlastnosti deskového kondenzátoru

Pokud výstup zvukové karty spojíme se vstupem přes kondenzátor, můžeme demonstrovat, že střídavý proud prochází kondenzátorem. Jako kondenzátor přitom nemusí sloužit součástka koupená v obchodě, ale dvě „desky“ z alobalu oddělené tenkou fólií (obal na papíry A4).

Dělič napětí nyní tvoří kondenzátor a vstupní odpor zvukové karty. Můžeme tak demonstrovat, kdy klade kondenzátor průchodu proudu vyšší „odpor“ (tedy kdy má vyšší impedanci). V tom případě ukáže osciloskop nižší napětí (amplituda signálu poklesne). Jestliže se impedance kondenzátoru sníží, amplituda signálu na osciloskopu stoupne. Jednoduše tak můžete ukazovat, jak se impedance kondenzátoru mění s frekvencí, s plochou desek a s jejich vzdáleností. (Při demonstraci závislosti na frekvenci pozor na to, že při vyšších frekvencích se už začne uplatňovat vstupní kapacita zvukové karty.)

Možností, co a na jaké úrovni demonstrovat, je tedy dost. V některých případech postačí kvalitativní demonstrace a žákům budou vyhovovat zdůvodnění typu „větší kapacitou prochází střídavý proud snáze“ (i když víme, jak nepřesně tu mluvíme). Naopak jindy můžete kvantitativně měřit kapacitu našeho improvizovaného kondenzátoru či s využitím obou kanálů linkového vstupu ukazovat, jak je to s fází napětí a proudu.

Frekvenční spektrum nesinusových signálů

K některým demonstracím není ani nutno ke zvukové kartě nic připojovat. Zvolíme-li v *Ovládání záznamu* vstup typu „Směšovač stereo“ (konkrétní označení se možná může lišit), bere zvuková karta signál přímo ze svého výstupu. V programu *SoundCard Scope* pak můžeme v části „Signal generator“ nastavit nesinusový průběh signálu, z reproduktoru poslouchat příslušný zvuk a na osciloskopu pozorovat jeho průběh nebo spektrum. Opět lze ukazovat leccos, od prostého faktu, že barva zvuku souvisí s obsahem vyšších harmonických, po srovnání amplitudy vyšších harmonických s teoretickými hodnotami, tedy s koeficienty příslušných Fourierových řad. (Pozor u obdélníkového průběhu – má zákmity, což je vcelku nutné a teoreticky vysvětlitelné, ale člověka, který to neočekává, to může překvapit.)

Lissajousovy obrazce

Opět nastavíme, aby si zvuková karta brala signál ze svého výstupu. V programu *SoundCard Scope* přepneme do módu X-Y a spustíme oba generátory. Můžeme sledovat Lissajousovy obrazce nejen pro sinusové, ale třeba i pro trojúhelníkové nebo pilové průběhy signálů! Hezkou možností je nastavit frekvenci jednoho z generátorů o 0,5 Hz vyšší nebo nižší. Obrazec se pak plynule „přelévá“ podobně, jako když tento pokus děláme se skutečnými generátory.

Další náměty

Napětí indukované v cívce

Cívkou (např. 400 závitů) ke vstupu karty určitě připojte přes ochranný člen! (S indukovanými špičkami napětí člověk nikdy neví...) Počítač ve funkci osciloskopu může ukazovat třeba napětí indukované v cívce, když k ní přiblížíme smyčku pistolové páječky. Při vypnutí páječky se indukuje napěťová špička (kterou diody v ochranném členu omezí). K demonstraci toho jevu je lépe signál nahrát např. programem *Audacity*.

Sledovat můžeme i napětí indukované při pohybu magnetu v blízkosti cívky. (Zkuste si to, řada lidí má o průběhu tohoto napětí představy dost odlišné od reality.) A také napětí při průchodu magnetu cívkou, např. při pádu magnetu cívkou.

Frekvenční charakteristiky, optický telefon atd.

Tyto náměty lze najít v článku [6].

Závěr

Podrobnější popis výše uvedených pokusů by vyžadoval mnohem delší příspěvek. Snad jejich stručný nástin, tak jak zde byl proveden, radě zájemců postačí. K některým pokusům se doufám ještě časem v nějakém článku či příspěvku vrátím.

V průběhu dílen v Náchodě se ukázalo, že účastníci vítali bližší popis toho, jak jsou mikrofon, fototranzistor atd. ke zvukové kartě připojeny a proč fungují tak, jak fungují. Proto jsem těmto otázkám věnoval více místa i v tomto textu. Věřím, že zájemcům bude dobrým výchozím bodem. Podrobný popis pro začátečníky by si ovšem i zde žádal více schémat, fotografie apod. Snad v budoucnu v nějaké elektronické verzi těchto sborníků...

Pokusy se zvukovou kartou určitě nevytlačí ze škol systémy ISES a podobné, jejichž výhodou je širší záběr, možnost lehce provádět kvantitativní měření řady veličin, měřit i časově neproměnné či pomalu se měnící signály, měření dále zpracovávat, vyhodnocovat, porovnávat s teoretickými modely atd. To vše je nepochybně u zvukové karty někdy složitější, často méně názorné a někdy zcela nemožné. Velikost stejnosměrného napětí nám prostě zvuková karta nenaměří a signál, který by se pomalu měnil třeba v průběhu minuty, také s její pomocí do počítače nedostaneme. (Samozřejmě, šlo by jej převést na střídavý, ale to už bychom věci trochu moc komplikovali.)

Na druhé straně má zvuková karta své výhody. Je dnes prakticky v každém počítači, přídavný „hardware“ stojí doslova pár korun a jak jsme viděli, i vhodný software je k dispozici zdarma. Pro pokusy ji tedy mohou využít jak školy, které zrovna neoplývají finančními prostředky, tak zájemci z řad žáků a studentů, kteří by si chtěli pokusy zkusit doma. Konec konců třeba i s praktickým využitím – jak jinak si můžete jednoduše zkontrolovat, zda zakoupená vrtačka má opravdu ty otáčky, které návod k použití inzeruje?

Do jaké míry při tom všem jít do náročnějších a kvantitativních měření a do přesnějších a hlubších vysvětlení, to už je, jako vždy, věcí konkrétního učitele. Přeji vám při těchto a dalších pokusech a při jejich využití ve škole i jinde hodně radosti z experimentování.

Literatura

- [1] *Součástky pro elektroniku*. GM Electronic, Praha 2004. Viz též <http://www.gme.cz>
- [2] Dvořák L.: *Vlnění a akustika s gumičkou a počítačem*. In: *Dílny Heuréky 2003-2004*. Sborník konferencí projektu Heuréka. Ed.: L. Dvořák. Prometheus, Praha 2005. ISBN 80-7196-316-X. s.21-28.
- [3] http://www.zeitnitz.de/Christian/Scope/Scope_en.html
- [4] *Veletrh nápadů pro fyzikální vzdělávání*. Rozšířený elektronický sborník z konferencí Veletrh nápadů učitelů fyziky 1-9. (CD) Ed. L. Dvořák, Z. Broklová. Prometheus, Praha 2005.
- [5] <http://audacity.sourceforge.net>
- [6] Koupil J., Dvořák L.: *Fyzika komunikačních kanálů – a jak ji jednoduše zkoumat*. In: POŠKOLE 2005. Sborník Národní konference o počítačích ve škole. Monínec, 13.-15. 4. 2005. Ed. M. Černochová a kol. Jednota školských informatiků, Liberec 2005. ISBN 80-239-4633-1. s. 75-83.

Smyslové hrátky

Stanislav Gottwald

Gymnázium, Praha 9, Špitálská 2

Abstrakt

Příspěvek se týká několika námětů na zkoumání hmatu, sluchu a zraku ve škole. Řadu konkrétních a zajímavých materiálů je možno získat na internetu (včetně řady akustických a dynamických ukázek). Podrobněji se dílna v Náchodě zabývala sluchovým a zrakovým vnímáním, kdy vjem neodpovídá danému podnětu, tedy zrakovými a akustickými klamy.

1. Zkoumání hmatu

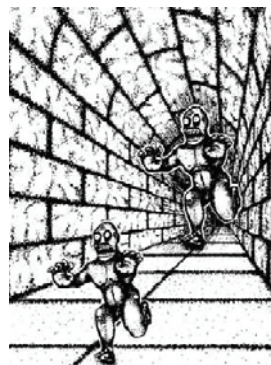
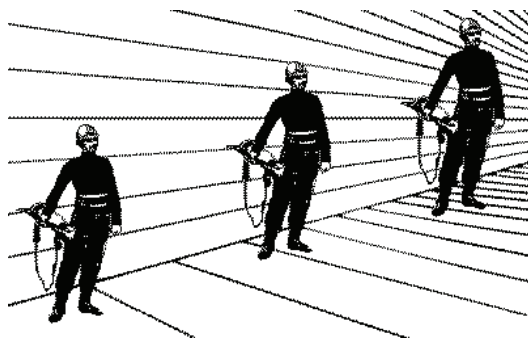
Hmatová čidla jsou uložena v kůži a vnímají dotyk a tlak. Kromě nich se v kůži vyskytují čidla pro chlad, teplo a bolest. Kombinací různých počitků některých těchto čidel lze vysvětlit, proč člověk dokáže poměrně dobře poznat vlastnosti povrchu předmětů, kterých se dotýká.

Všechna výše zmíněná čidla jsou v kůži uložena různě hustě a v různé hloubce. Tuto různou hustotu je možno se studenty zkoumat experimentálně např. ve dvojicích. Jeden z dvojice („experimentátor“) zkoumá pomocí odpichovátko (stačí ale 2 špendlíky, párátko apod.), v jaké maximální vzdálenosti druhý vnímá ještě dva blízké (současné) vpichy jako vpich jeden. Je vhodnější začít od minimální vzdálenosti mezi vpichy a tuto vzdálenost postupně zvětšovat. Hustotu čidel zkoumáme nejen u různých osob na stejné části těla, ale zejména u jedné osoby na částech odlišných (jazyk, různé části tváře, ruky, zad, nohou apod.). Tyto rozdíly jsou velmi zajímavé a pro řadu studentů překvapivé. Mohou být také východiskem pro další diskusi např. o příčinách vzniku těchto rozdílů.

Chlad a teplo detekují další čidla. Tento vjem je ale relativní; teplo a chlad posuzujeme vůči aktuální teplotě své kůže. Vložíme-li studenou a teplou ruku do stejné vodní lázně, víme, že náš vjem je různý. Tato čidla nejsou tedy nejvhodnějším teploměrem.

2. Zrakové klamy

Zrak je pro člověka bezesporu nejdůležitějším smyslovým orgánem. Vnímáme jím většinu podnětů z okolí. To, co vidíme (lépe řečeno vnímáme zrakem), nemusí však odpovídat zcela skutečnosti. Stačí se podívat na dlouhé rovné koleje. I když víme, že jsou dvě kolejnice rovnoběžné, „vidíme“, že se v dálce sbíhají v jednom bodě. A tak můžeme říci, že ke správnému „vidění“ potřebujeme nejen oko, ale i mozek, který zrakový vjem zpracovává a upravuje tak, aby odpovídal naší zkušenosti. A v tom je další kámen úrazu, protože ani zkušenost nemusí vždy vést ke správným výsledkům. Podíváme-li se např. na následující obrázek, sbíhající se čáry v nás vytvoří iluzi o různé velikosti strážníků (event. příšerek na druhém obrázku), i když jsou postavy ve skutečnosti stejně vysoké. Zkušenost ale říká, že předměty v dálce se nám jeví menší než doopravdy jsou, a proto si je mozek při podvědomém porovnávání „vhodně“ upraví, tedy zvětší.



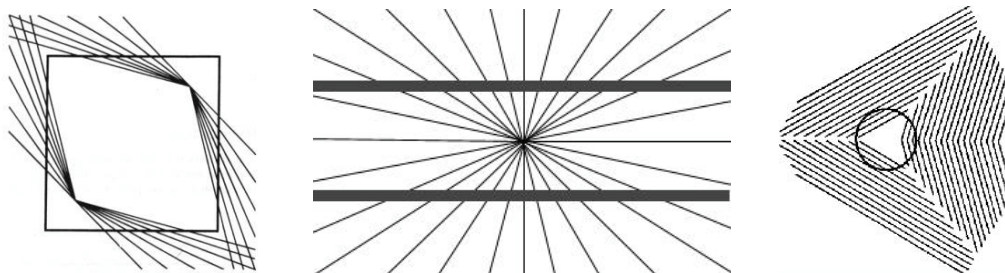
Možek však můžeme ošálit i dalšími způsoby. Takovou matoucí okolností je např. nepozornost, nebo naopak pozornost přehnaná spojená s velkým očekáváním, strachem apod. Hovoříme pak o tzv. emočních iluzích. Jistě se vám někdy stalo, že v temném lese vidíte za každým stínem obludu či postavu zloducha, který vám co nevidět zakroutí krkem. Nebo naopak při čekání na vám milou osobu ji vidíte v každém kolemjdoucím.

Jen z těchto několika příkladů je zřejmé, že ne vždy se můžeme na naše oko a mozek spolehnout. I to je např. motivace k nutnosti důkazů v matematice. A nejen v ní. I ve fyzice je nutná objektivizace „viděných“ poznatků měřením, zkoumáním z několika různých úhlů apod. Proto není jistě také bez zajímavosti se optickými klamy zabývat a upozornit na některé záludnosti zrakového vjemu. Pro ilustraci zde uvedu jen několik z nich.

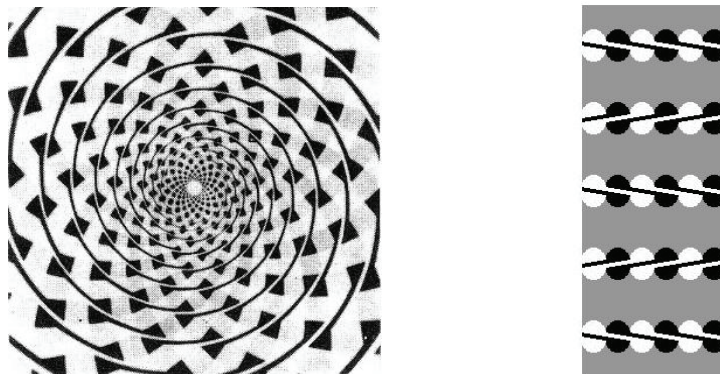
Asi nejklaší jsou optické klamy, kdy se při vnímání necháme ovlivnit velikostí, tvarem či rozmístěním okolních předmětů, viz např. následující obrázek (kružnice v obou středech jsou stejně velké). Při odhadu polohy tečky v trojúhelníku se zase necháme ovlivnit nevědomým porovnáváním plochy v trojúhelníku pod a nad tečkou (měřením se můžete přesvědčit, že tečka je stejně daleko od základny jako od vrcholu trojúhelníka).



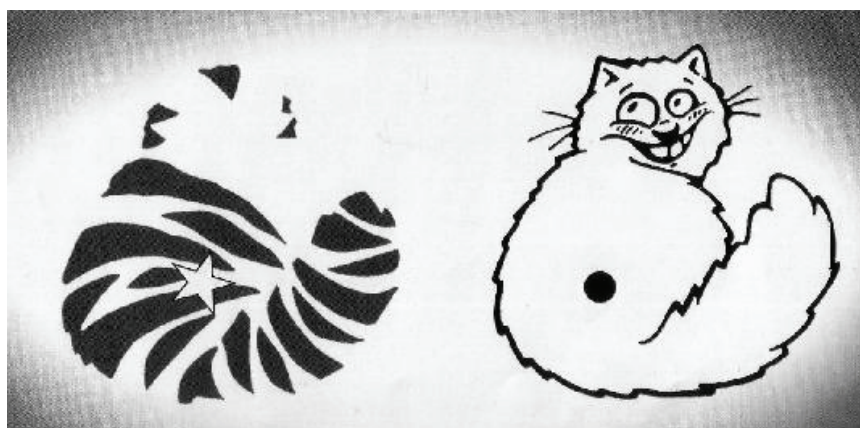
S pěknými zrakovými klamy se můžeme setkat při rozhodování o rovnoběžnosti nebo kolmosti úseček a následném odhadu tvaru obrazců. Stačí přes ně (v našem případě přes čtverec, dvě rovnoběžné úsečky a kružnici) přeložit úsečky jiné a iluze zdeformování je na světě.



S tímto klamem souvisí i tzv. Fresnelova spirála. Při podrobnějším zkoumání však zjistíme, že se o spirálu vůbec nejedná. Na obrázku je spíše soustava soustředných kružnic, které však nejsou spojitě, ale jsou tvořeny jakýmsi šikmými obrazci. Podobným způsobem je dosaženo „rozhození“ rovnoběžného uspořádání jednotlivých řad „kuliček“ na obrázku vpravo.

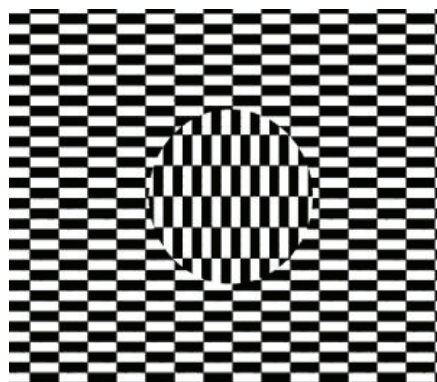
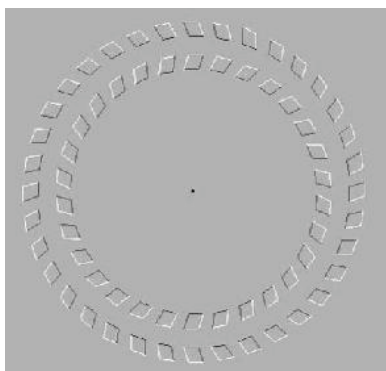


Oblíbenou iluzí je tzv. paobraz, který je způsoben setrvačností oka. Vjem přetrvává v negativní podobě několik vteřin. Díváme-li se delší dobu na výrazný obrazec a pak zrak přeneseme na bílou nebo šedivou plochu, objeví se obrazec v doplňkových barvách. Např. co bylo červené, je zelené, co černé, vidíme bílé a naopak. S několika takovými příklady nás seznamují následující obrázky, na nichž se žárovka rozsvítí, lebka zazáří bíle, prostřední nic neříkající motiv se změní v tvář Ježíše. Při upřeném sledování hvězdy a následném přenesení zraku na kočku, kočka „zmourovatí“.

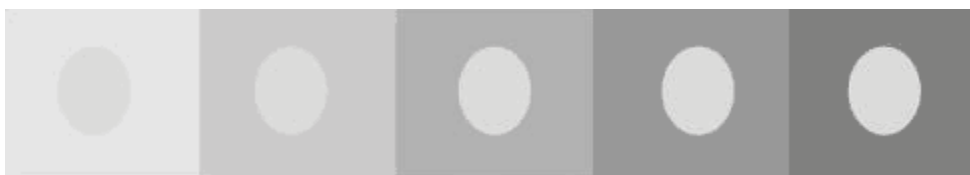


Pěkná je iluze, kdy na šedém pozadí jsou rozmístěny v kruhu jako na ciferníku růžové puntíky, které se postupně na okamžik zhasínají. I když ve skutečnosti „obíhá“ pouze zhaslé místo, při upřeném pohledu do středu kruhu vidíme obíhat zelený puntík.

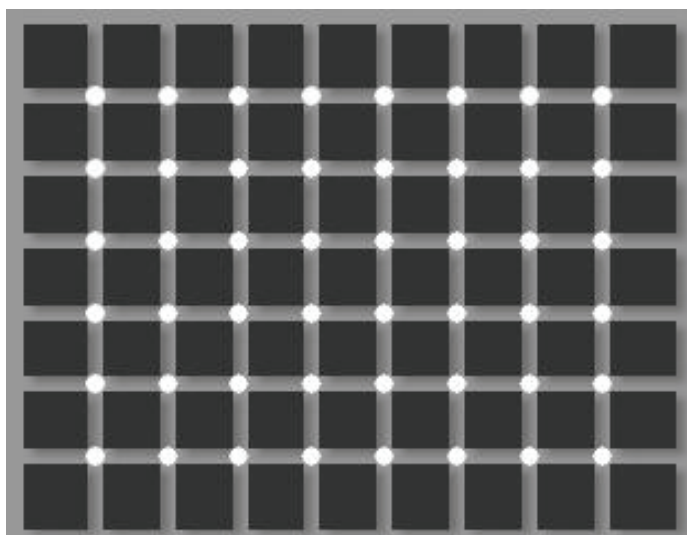
Fascinující jsou i klamy, které nás matou zdánlivým pohybem. Typickým příkladem jsou kruhy na obrázku vlevo. Pokud se díváme do jeho středu (tedy na černý puntík) a pohybujeme hlavou vpřed a vzad, zdá se nám, že se kola roztočí. Tzv. Ouchiho klam se projeví na mřížce připomínající šachovnici, v jejímž středu je vyseknutá a následně pootočená kruhová část. Jen taková „maličkost“ vytvoří zdání prostorovosti. Navíc při nepatrném pohybu hlavy se nám zdá, že se prostřední „koule“ chvěje.



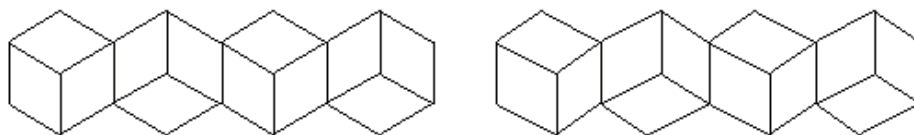
Další skupinu klamů tvoří ty, jejichž hlavní příčinou je změna jasu nebo barvy. Ukazuje se, že pro vnímání jasu a sytosti barev je rozhodující kontrast dvou sousedních ploch. Zejména na okraji zorného pole je možné oko nejvíce oklamat. Změnu ve vnímání odstínu šedého kroužku je možné pozorovat na obrázku. Díky zvolenému pozadí se nám zdá, že kroužek zleva doprava světlá.



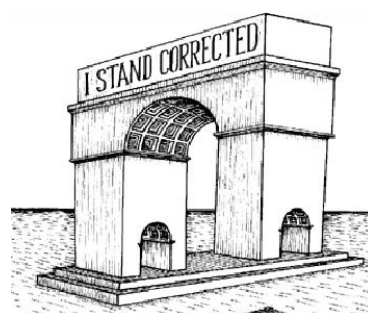
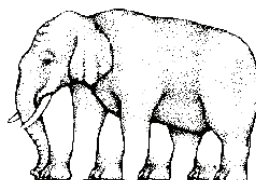
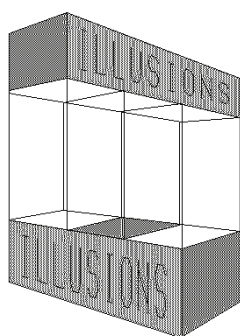
K těmto iluzím můžeme zařadit i Hermanovu mřížku, jejíž výstižné vysvětlení můžete najít např. na stránkách <http://cat.rulez.cz/k-klamy.htm>. A na co se na mřížce zaměřit? Na (neexistující) černé tečky ve středu bílých plošek. Zkuste je spočítat!



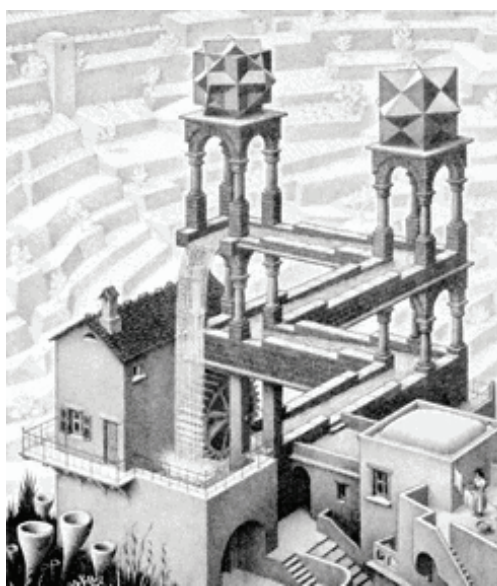
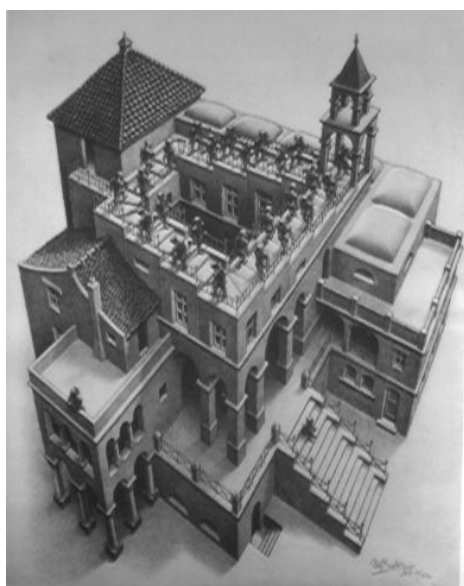
Jiným typem optických klamů jsou obrazy s možností víceznačného výkladu. Protože mozek „odmítá“ takovou nejednoznačnost, střídavě vnímá ten, nebo onen možný význam, případně vybraný význam nechce opustit.



Velkou skupinu klamů tvoří nereálné objekty a obrazy. Některé z nich jsou na následujícím obrázku.



Právě těmito iluzemi je fascinována řada umělců. Za všechny jmenujme např. holandského grafika a matematika M. C. Eschera (viz např. [2], [4] a první dvě ukázky) a O. Reutersvarda (<http://imp-world.narod.ru/art/reutersvard/reut1.html>), který je autorem i níže uvedených známek.

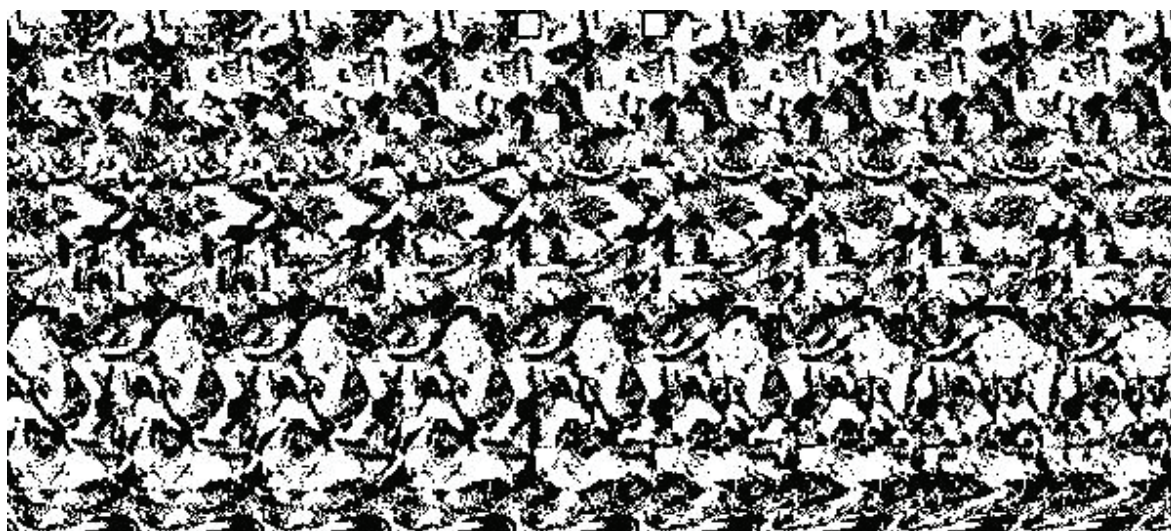




Optických iluzí využívá téměř každý výtvarný styl. Stíny postav a věcí vytvářejí iluzi prostoru, hry odstínů a sytostí barev, kontury a další a další malířské figle pomáhají autorovi vnutit vám svůj pohled na svět. Vliv stínu na vytváření iluze prostoru je patrný na následujícím obrázku. Pohrát si s ním můžete na dynamickém appletu, který naleznete na internetové stránce http://www.sandlotscience.com/Distortions/Ball_and_Shadow.htm.



Poměrně rozšířenou a oblíbenou metodou, jak vytvořit iluzi prostoru, jsou tzv. stereogramy. Pěkný stereogram je na následujícím obrázku. Základem opravdového požitku při prohlížení takového obrázku je správné zaostření pohledu (jako by za papír) tak, aby se do každého oka promítalo jiné místo v mozaice. Drobné rozdíly v jakési skryté pravidelnosti kresby pak simulují odchylky, které se podobají situaci při normálním vidění prostorového objektu, kdy pohled pro pravé a levé oko je pod jiným zorným úhlem. Na základě těchto rozdílů mozek pak rekonstruuje prostorový tvar a vzdálenost pozorovaného předmětu. Pokud se vám to podaří i zde, uvidíte rytíře bojujícího s vícehlavým drakem.

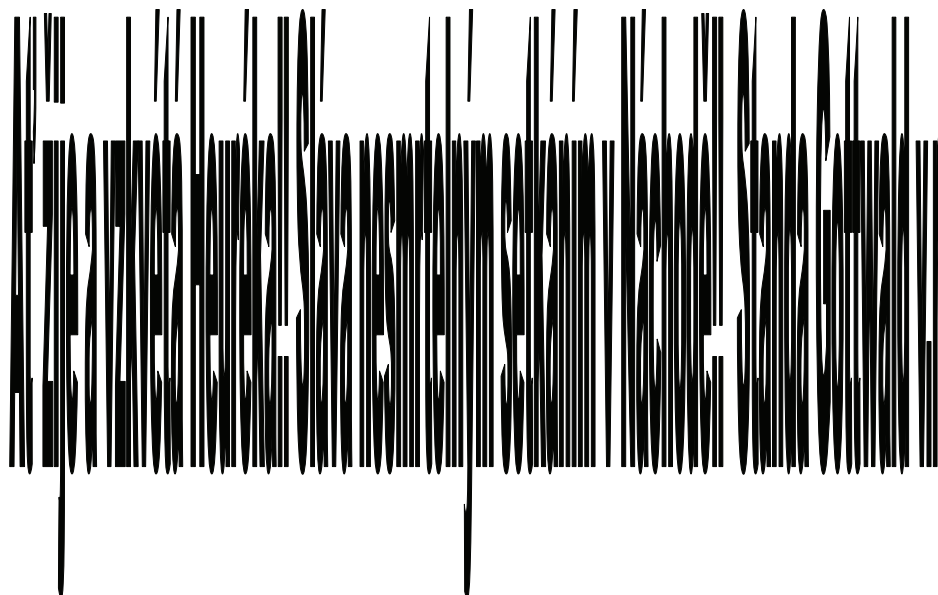


Bohužel pro asi 12 procent lidí jsou některé z těchto iluzí (zejména stereogramy) prý navždy skryty. Pokud se vám to však hned nedaří, neznamená to ještě, že touto poruchou zrakového vnímání trpíte. Chce to totiž velkou dávku trpělivosti, dobré soustředění a cviku.

Zajímavými hříčkami jsou obrázky, na kterých pouhým otočením vyvstane obraz zcela jiný. Klasickým příkladem je princezna, která otočením dosti zestárne. Překvapivý je i pohled na klasický (ale převrácený) obraz Mony Lisy. Na první pohled nás na něm asi nic nezaráží. Opět stačí jen otočit a naše povrchní prohlídka obrazu je odhalena.



Posledním zrakovým klamem, který nemohu opominout, jsou „protáhlé obrázky“. Při šikmém pohledu zdola se obrázek/text „zúží“ a z původně nepřehledné změti čar se vyloupne v celé své kráse. Není to jen pouhá hračka, protože má i praktické použití: zdánlivého zúžení textu při vhodném pohledu totiž využívá značení na vozovce.



Samozřejmě po této zajímavosti lačně sáhli někteří umělci. Podívejte se např. na některá jejich díla na stránkách:

<http://www.kurtwenner.com/street/stree>,

<http://www.kurtwenner.com/street/street02.htm>,

http://vyuka.panska.cz/reichl/fyzika/popular/optika/opticke_klamy.htm,

<http://im.super.cz/fun/11/03-genius.doc>,

<http://users.skynet.be/J.Beever/index.html>

3. Akustické klamy

Poslední skupinou klamů, kterou jsme se v Náchodě na dílně zabývali, byly iluze související s vnímáním zvuku. I zde se vyskytuje celá řada emočních iluzí ovlivněných našim aktuálním „naladěním“. My jsme se zabývali klamy od těchto emočních vlivů pokud možno oproštěnými. Protože papír akustické iluze vyloudit neumí, je vhodnější se podívat opět na internet. Doporučuji stránky <http://dreamworx.cz/book/iluze.html>, kde jsou tyto iluze podrobně pěkně popsány a jejich jednotlivé druhy doplněné velkým množstvím zajímavých odkazů (včetně ukázek ve formátu MP3).

4. Kam na klamy na internetu

Odpověď na název tohoto odstavce zní: kamkoli. Doporučil bych však pár následujících odkazů, ze kterých se můžete „proklikat“ dál:

<http://dreamworx.cz/book/iluze.html>

http://www.sandlotscience.com/Illusion_Jump_Main/Master_Jump.htm

http://vyuka.panska.cz/reichl/fyzika/popular/optika/opticke_klamy.htm

Pěkné jsou i dynamické applety, pomocí kterých si můžete některé klamy takřka osahat. Ty jsou přístupné z výše uvedených stránek, ale je vhodné je mít po ruce stranou:

http://www.sandlotscience.com/Distortions/Hidden_Rope_Trick.htm Rovnoběžky

http://www.sandlotscience.com/Distortions/Cafe_Wall_Illusion.htm Šachovnice

http://www.sandlotscience.com/Distortions/Breathing_Square.htm Rotující čtverec

http://www.sandlotscience.com/Distortions/Ball_and_Shadow.htm Kulička a stín

http://www.sandlotscience.com/Contrast/Whites_Illusion.htm Šedé obdélníky

http://www.sandlotscience.com/Contrast/Sliding_Blue_Hue.htm Modré trojúhelníky

http://www.sandlotscience.com/Contrast/Burning_Fuses.htm Iluze paprsků

Literatura

[1] Opava Z.: *Matematika kolem nás*. Albatros Praha, 1989

[2] Levitin K.: *Geometričeskaja rapsodia*. Onanie Moskva, 1984

[3] DiSpezio M.: *Visual Foolery*. Addition- Wesley Publishing Copany

[4] <http://dreamworx.cz/book/iluze.html> + další výše uvedené internetové stránky

[5] Soukromá sbírka Z. Broklové

Trhání vody

Miroslav Jílek

Gymnázium Polička

Abstrakt

Příspěvek popisuje konstrukci a použití velmi jednoduchého zařízení na měření povrchového napětí kapalin. Zařízení je vhodné pro frontální zkoumání vlastností povrchových sil i pro laboratorní měření povrchového napětí odtrhávací metodou. Popis je doplněn několika motivačními problémy, které se týkají povrchového napětí vody.

Motivační problémy

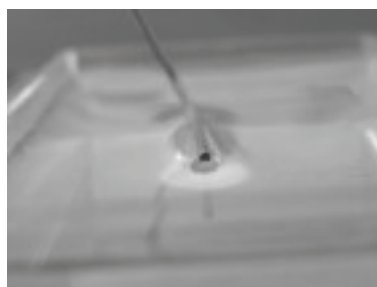
Problematika vlastností kapalin a konkrétně jejich povrchové vrstvy je vhodným tématem pro samostatné experimentální zkoumání studentů. Na začátku probírání této kapitoly ve druhém ročníku gymnázia se osvědčilo nechat studenty, aby si frontálně vyzkoušeli, jak se chová povrch vody v malé misce (nebo v libovolné vhodné nádobě), a zamysleli se nad několika problémy.

Co vše se udrží na hladině

Velmi známé i když pro studenty většinou nové a překvapivé jsou pokusy, při kterých pokládáme na hladinu vody drobné předměty o větší hustotě, než má voda. Přesto, že by se takové předměty podle Archimédova zákona měly potopit, zůstanou při opatrném položení ležet na hladině. Pro takové pokusy se výborně hodí například padesátníky (eventuelně staré dvacetníky a desetníky), použít můžeme také různé drobné plíšky, žiletky, jehly (ty je dobré omastit mnutím mezi prsty) apod. Aby šly předměty na hladinu dobře pokládat, použijeme například vidličku nebo „naběračku“ ze zahnuté kancelářské sponky.



Sledováním takovýchto pokusů dojdeme k závěru, že povrch kapaliny je do jisté míry soudržný a může na drobné předměty působit určitou silou – chová se jako pružná blána, která se pod předměty prohýbá. Pomocí zahnutého konce kancelářské sponky přiloženého k povrchu vody si mohou studenti vyzkoušet, že povrch kapaliny lze skutečně trochu promáčknout, nebo naopak povytáhnout nahoru.



Síla potřebná k natahování pružného povrchu kapaliny tedy zřejmě drží předměty na hladině – při pohledu zblízka na padesátník položený na vodní hladině je vidět zakřivený povrch vody okolo padesátníku (povrch vody tahá okraje padesátníku směrem nahoru). Tuto sílu, která leží v rovině povrchu kapaliny (*povrchové vrstvy*), můžeme nazvat *povrchovou silou*.

Později, když už budeme mít vysvětleno, na čem závisí velikost povrchové síly, se můžeme vrátit k padesátníku položenému na vodní hladině a nechat studenty spočítat, jak velká povrchová síla na padesátník působí. Překvapivě zjistí, že velikost této síly, která by měla držet padesátník nad vodou, není ani poloviční vzhledem k tíze padesátníku. Mohou se pak pokusit přijít na vysvětlení, proč se padesátník nepotopí. Problém je zmiňován např. v [1].

Proč se předměty na hladině přitahují

Dva padesátníky položené na vodní hladinu se k sobě při určitém přiblížení přitáhnou a zůstanou u sebe. Naopak se budou odpuzovat od okrajů nádoby. Jak vysvětlíme, že se k sobě padesátníky přitahují?

Víme už, že povrch vody je v okolí padesátníku promáčknut směrem dolů. Pokud se k sobě přiblíží dva padesátníky, povrch vody mezi nimi je vyboulen směrem nahoru. Protože se povrchová vrstva chová pružně, bude se snažit co nejvíce vyrovnat vypuklý povrch vody, v důsledku čehož poněkud poklesne hladina vody mezi padesátníky vůči okolní hladině. Nakreslíme-li si v kolmém řezu, jaké síly nyní působí na padesátníky, můžeme uvažovat, že síly působící na vnější okraje padesátníků se nezměnily a působí téměř kolmo nahoru. Síly působící na vnitřní okraje padesátníků budou mít stejnou velikost, ale jejich směr se v důsledku zmenšení zakřivení povrchu změní tak, že směřují více k sobě. Výsledně tedy na vnitřní okraje působí ve vodorovném směru větší složky povrchových sil než na vnější okraje a padesátníky jsou přitahovány k sobě. Podobně lze vysvětlit, proč se padesátník odpuzuje od okraje smáčivé nádoby, kde je hladina naopak zakřivena směrem nahoru.



Vysvětlení problému může sloužit k lepšímu objasnění směru působení povrchové síly. Většinou totiž studenti při klasickém vysvětlování povrchových jevů pomocí mezimolekulárního působení zaměňují povrchovou sílu (definovanou jako sílu ležící v povrchové vrstvě) se silou, která působí na molekuly v povrchové vrstvě směrem dovnitř kapaliny (kolmo k povrchu).

Po vysvětlení předchozího problému už zřejmě studenti budou schopni vyřešit i jiný problém (který může být zadán již v úvodu) – **jak přemístit padesátník na druhou stranu nádoby, aniž bychom se ho čímkoli dotkli.**

Jedno z možných řešení je, dotknout se například koncem kancelářské sponky (nebo jen prstem) povrchu vody v blízkosti padesátníku a povytáhnout (eventuelně promáčknout) povrchovou vrstvu. Padesátník se přitom odpuzuje (respektive přitahuje) od sponky a lze ho tak „ovládat na dálku“.

Proč člověk nemůže kráčet po hladině

Často se jako ukázka působení povrchových sil uvádí příklad drobného hmyzu - vodoměrek nebo bruslařek, které se pohybují po hladině vody, aniž by porušily její povrch. Hned v úvodu se proto můžeme ptát, proč nemůže stejným způsobem po hladině kráčet větší živočich nebo člověk, a zadat takový problém studentům na rozmyšlení - například jako dobrovolný domácí úkol s možností ohodnocení nejpřesnějšího vysvětlení.

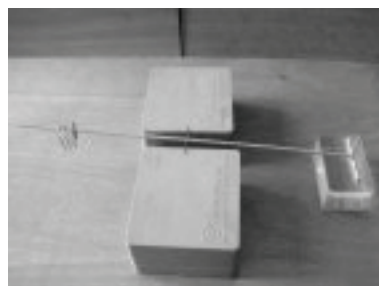
Hlavní roli při objasnění problému hraje tzv. fyzikální podobnost. Různé fyzikální veličiny se při změně měřítka nemusí měnit lineárně. V našem případě je například důležité, že hmotnost předmětu o konstantní hustotě se zvětšuje s třetí mocninou rostoucích rozměrů. Uvažujme (při pominutí ostatních vlivů – například vztlakové síly), že vodoměrku drží na hladině povrchová síla, která je úměrná délce konců nohou spočívajících na hladině. Pokud bychom tedy zvětšili vodoměrku přibližně na velikost člověka – řekněme stokrát – zvětší se i povrchová síla (která ji bude držet na hladině) stokrát. Hmotnost vodoměrky se však při stejném zvětšení zvýší milionkrát a stejně naroste i její tíha. Proto povrchová síla zdaleka nebude stačit na vyrovnaní tíhové síly. Snadno si můžeme spočítat, že k chůzi po hladině (s využitím povrchové síly) bychom potřebovali kilometry dlouhá chodidla.

Měření povrchové síly a povrchového napětí

Pomocí velmi jednoduchého zařízení, které si může každý ze studentů vyrobit, můžeme zkoumat, na čem všem závisí velikost povrchové síly, a také měřit velikost povrchového napětí – například v rámci laboratorních cvičení.

Konstrukce měřicí aparatury

K výrobě celého měřicího zařízení nám postačí jedna celá a kousek druhé špejle, dva špendlíky a kancelářská sponka. Asi pět centimetrů dlouhý kousek špejle propíchneme uprostřed kolmo špendlíkem a připícheme ho ke konci celé špejle. Krátký kousek špejle bude kolmý k dlouhé špejli. Dlouhou špejli potom přibližně uprostřed propíchneme druhým špendlíkem tak, aby byl co možná rovnoběžný s krátkou špejlí. Vyrobili jsme tak jednoduché vážky, které se mohou otáčet kolem špendlíku uprostřed dlouhé špejle jako dvojzvrtná páka. K podložení špendlíku (osy vážek) použijeme libovolné dvě vhodné krabičky, nebo například dřevěné kostky. Kancelářskou sponku nakonec použijeme k vyvážení vzniklých vážek tak, že ji navlečeme na špejli a posuneme do potřebné vzdálenosti.



Na čem závisí povrchová síla

S vyrobenými vážkami můžeme zkoumat vlastnosti povrchové síly. Pod krátkou špejlí vyváženého zařízení postavíme misku plnou vody a dotkneme se krátkým kouskem špejle

jejího povrchu. (Krátký konec špejle je vhodné ještě před vyvážením namočit ve vodě, abychom dále nemuseli uvažovat hmotnost vody nasáklé do špejle). Voda smáčí špejli, a proto k ní zůstane přichycena. K jejímu odtržení od hladiny musíme zatlačit určitou silou na druhý (volný) konec dlouhé špejle. Tuto sílu můžeme demonstrovat zavěšením dvou kancelářských sponek na volný konec špejle a jejich opatrným posunováním do co největší vzdálenosti od osy vážek, při které ještě zůstává krátký kousek špejle přichycen u hladiny. Přitom je nutné, aby krátký kousek špejle dosedl k hladině co možná rovnoběžně a odtrhával se tak celou svojí délkou najednou. V případě, že jsme nepřipevnili kousek špejle zcela rovnoběžně, podložíme jeden konec osičky vážek například několika vrstvami papíru.

Při zatížení vážek vidíme, že krátký konec špejle opravdu vytahuje trochu vody nad úroveň okolní hladiny a povrch hladiny je tak deformován u špejle do kolmého směru. Rozborem se studenty přijdeme na to, že velikost síly potřebné k odtržení špejle zřejmě závisí na délce okraje, kterým se špejle dotýká vody – tedy na dvojnásobku délky krátkého kousku špejle. Abychom ověřili, jestli to tak opravdu je a zda jde o přímou úměrnost, použijeme vážky s poloviční délkou krátkého kousku špejle. Síla potřebná k odtržení by nyní měla být poloviční, což znamená, že musíme zavěsit jednu kancelářskou sponku do stejné vzdálenosti jako dvě sponky v předchozím pokusu. Lineární závislost můžeme případně potvrdit zkoumáním s více délkami krátké špejle.

Studenti zřejmě také uhádnou, že velikost povrchové síly bude záviset také na druhu použité kapaliny. Můžeme tedy stejný pokus vyzkoušet například pro líh a opět (zatím jen kvalitativně) ověřit, že síla potřebná k odtržení se značně liší. Při pokusu s lihem je vhodné použít jiné vážky, které nejsou nasáklé vodou, abychom měřili povrchovou sílu opravdu lihu a ne lihu s vodou.

Stejným způsobem můžeme nakonec vyzkoušet, jak se změní povrchová síla přidáním malého množství přísad (jaru, změkčovadla na vodu, pracího prášku...) do vody, eventuálně vyzkoušet porovnat studenou a teplou vodu.

Zmíněná kvalitativní měření lze provádět i s mladšími žáky a shrnout, na čem závisí velikost povrchové síly. Se staršími studenty dospějeme ke vztahu pro velikost povrchové síly F_p

$$F_p = \sigma \cdot l,$$

kde σ je povrchové napětí kapaliny a l je uvažovaná délka okraje povrchové vrstvy.

Měření povrchového napětí

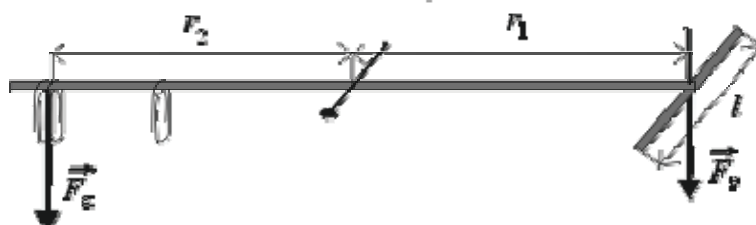
Standardně se provádí měření povrchového napětí metodou kapilární elevace, kapkovou metodou, nebo odtrhávací metodou, viz například [2]. Na střední škole se většinou používá metoda kapilární elevace, která však málokdy dává uspokojivé výsledky, nebo upravená kapková metoda, která využívá pouze srovnání povrchového napětí, viz [3]. Přímá kapková metoda se nepoužívá především proto, že je obtížné určit přesně rozměry kapky. Jakým způsobem je možné realizovat přímou kapkovou metodu s využitím digitálního fotoaparátu (například pro demonstrační účely) je popsáno v [4].

Naše sestavené vážky mohou sloužit ve školních podmínkách jako poměrně přesné a levné zařízení pro měření povrchového napětí odtrhávací metodou.

Měření budeme provádět zcela stejně jako při kvalitativním ověřování vlastností povrchové síly. Vážky s namočenou krátkou špejli vyvážíme pomocí jedné pevně přichycené kancelářské sponky. Pod konec s krátkým kouskem špejle postavíme nádobku

s měřenou kapalinou a dotkneme se krátkou špejlí povrchu (krátká špejle musí být opět rovnoběžná s hladinou). Na volný konec špejle zavěšíme jednu nebo dvě kancelářské sponky a opatrně je posuneme do maximální vzdálenosti od osy otáčení, ve které ještě nedojde k odtržení špejle od hladiny. Maximální vzdálenost ještě ověříme opětovným opatrným smočením špejle v kapalině.

Vhodným měřítkem změříme vzdálenost krátké špejle od osy otáčení r_1 , maximální vzdálenost sponek od osy otáčení r_2 a délku krátkého kousku špejle l . Hmotnost použitých kancelářských sponek m zjistíme společným zvážením většího množství stejných sponek.



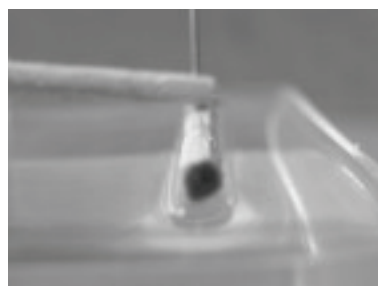
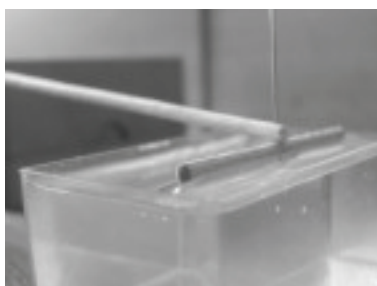
Velikost povrchové síly, kterou přidržuje kapalina krátkou špejlí (délka příslušného okraje povrchové vrstvy je $2l$ – po obou stranách špejle), je na druhé straně vyvažována tíhou kancelářských sponek o celkové hmotnosti m (neuvažujeme samozřejmě vyvažující sponku). Z výše uvedeného vztahu pro velikost povrchové síly a z momentové věty potom dostáváme při daném označení vztah pro povrchové napětí kapaliny

$$\sigma = \frac{r_2 mg}{r_1 2l}.$$

Měření můžeme provést opakovaně například pro vodu a pro líh a spočítat příslušné hodnoty povrchového napětí.

Přesnost měření

Správný odhad chyb a nepřesností měření může být pro studenty přínosnější než přesné určení měřené hodnoty povrchového napětí, které činí pro vodu při 20 °C 73 mN·m⁻¹, pro líh 22 mN·m⁻¹, viz [5]. Je vhodné diskutovat, které měřené veličiny mohou ovlivnit svojí nepřesností výsledek nejvíce. Hmotnost sponek zřejmě můžeme uvažovat při vážení velkého množství sponek za dostatečně přesnou oproti ostatním veličinám. Odchytky v měření délek ramen špejle mohou při pečlivém měření představovat přibližně 1 %, a na chybu výsledku tedy také nemají hlavní vliv – rozhodující je zde spíše přesnost určení polohy sponek – ta se dá zpřesnit opakovaným měřením. Další nepřesnost může být v určení délky okraje povrchové vrstvy, která nemusí být díky nepravidelnému tvaru na okrajích špejle přesně $2l$.



Při odtrhávání špejle od hladiny můžeme při pohledu zblízka také pozorovat, že trochu vody je vytahováno spolu se špejlí nad úroveň okolní hladiny. Můžeme se pokusit odhadnout objem a hmotnost této vody a odečíst její tíhu od naměřené povrchové síly.

Pokud dbáme na rovnoběžnost špejle s hladinou (aby se odtrhávala celou svojí délkou najednou) vyjde výsledek u vody poměrně přesně s chybou kolem 5 %. U lihu může být nepřesnost větší, protože může obsahovat určité množství zkondenzované vody.

Poznámky

Pro studenty může být obtížné už sestavení a vyvážení měřicích vážek. Právě to jim však umožní rozvíjet nové dovednosti a lépe chápat přístup fyziky ke zkoumání přírody, který není vždy čistě teoretický a musí počítat s nejrůznějšími lépe nebo hůře předvídatelnými vlivy i s ryze praktickými problémy.

Náměty popsané v tomto příspěvku vychází z projektu „Hrátka s povrchovým napětím“, jehož elektronická forma je dostupná na webových stránkách kroužků fyziky na MFF UK, viz [6].

Literatura

[1] Dvořák L., Jílek M.: *Pokusy nejen pro letní tábory*. In: Sborník ze semináře Aby fyzika žáky bavila. Ed.: Kolářová R., Pinkavová Z. UP v Olomouci Olomouc, 2003. s. 141-147.

[2] Brož J. a kol.: *Základy fyzikálních měření – I. díl*. SPN Praha, 1967.

[3] Bartuška K., Svoboda E.: *Fyzika pro gymnázia – Molekulová fyzika a termika*. Prometheus Praha, 2000.

[4] Jílek M.: *Hrátka s digitálním fotoaparátem*. In: Sborník konferencí projektu Heuréka. Ed.: Dvořák L. Prometheus Praha, 2005. s. 91-94.

[5] Mikulčák J. a kol.: *MFCHT pro střední školy*. Prometheus Praha, 2002.

[6] <http://kdf.mff.cuni.cz/krouzky/uvod/uvodni.htm>

Zkoumáme vlastní oko

Jan Koupil

KDF MFF UK, Praha

Abstrakt

Text popisuje několik jednoduchých experimentů s černou kartičkou a špendlíkem, ve kterých zkoumáme a poznáváme charakteristiky a strukturu našeho oka – buňky plovoucí ve sklivci, cévy na sítnici, reakci zorniček na světlo apod.

Elektronickou prezentaci používanou v této dílně je možno stáhnout z adresy
http://kdf.mff.cuni.cz/~koupil/vyuka/physics_of_vision/

Experimenty s černou kartičkou a špendlíkem

Tato sada experimentů i jejich interpretací byla z větší části převzata z prezentace Adolfa Cortela (IES Pompeu Fabra, Barcelona, Španělsko) „Simple experiments on the physics of vision“, která zazněla na konferenci Physics on Stage 3 a z jeho stejnojmenných textů [1] a [2].

Je důležité si uvědomit, že ne všechny experimenty musí „vyjít“ každému stejně, občas dokonce někdo není schopen některý jev zahlédnout vůbec. To souvisí s tím, že zkoumáme vlastní oči, které má každý člověk jiné a tak přirozeně mají jinou schopnost akomodace, barevnou i světelnou citlivost atd.

Pro následující experimenty budete potřebovat malou (cca 4 x 4 cm) kartičku z tužšího černého papíru či kartonu a špendlík.

1) Jak vypadá svět

Do kartičky uděláme špendlíkem velmi malou díрку, kartičku si dáme před oko a podíváme se na svět kolem sebe.

V této chvíli se pozorovatelé obvykle začnou koukat kolem sebe, dělat na sebe opičky, hlásit, že vidí „chlupy“ od ořepaných okrajů atd. Je dobré dát jim čas, aby se dosytosti vynadávali, potom začnou být schopni spolupracovat a přemýšlet i na další úrovni.

Pozorování: Svět je přes černou kartičku tmavší, některé barvy je velmi obtížné rozlišit.

Maličkým otvorem v kartičce je výrazně omezeno množství světla dopadajícího do oka. Při snížené viditelnosti přestávají pracovat čípky a uplatňuje se především vidění pomocí tyčinek, které nerozlišují barvy. Tento jev je ještě výraznější, pokud v místnosti navíc přitlumíme osvětlení.

2) Co to tam plave?

Skrz malou díрку v kartičce pozorujeme jasnou osvětlenou plochu.

Pozorování: Zjistíme, že plocha není rovnoměrně jasná, ale že v ní plavou jakési objekty.

Na tvaru plovoucích objektů se pozorovatelé obvykle shodnou pouze v hrubých rysech. Někteří pozorují kolečka nebo řetízky z koleček, jiní spíš vlasovité struktury, často zapletené jako špagety. Důležité je, že se jedná o plovoucí útvary – pohneme-li očima, zareagují podobně jako nudle v polévce reagují na pohyb talíře. Jedná se o buňky a skupiny buněk, které plavou ve sklivci, především mrtvé buňky (například odtržené kousky sítnice). Za

normálních podmínek se tyto obrazy – promítnuté stíny buněk – neobjevují. Čočka totiž zobrazuje celou svou plochou a její zakrytí v malé ploše není dobře pozorovatelné. Pokud ale kužel dopadajícího světla razantně zmenšíme (malou dírkou v kartičce), začnou být tyto stíny zřetelné.

Pozn.: Většina lidí tyto útvary za normálních podmínek nepozoruje, ale najdou se i výjimky (velmi často krátkozrací lidé, kteří mimochodem podle lékařů trpí vyšším sklonem k odtrhování sítnice).

3) Co to tam roste?

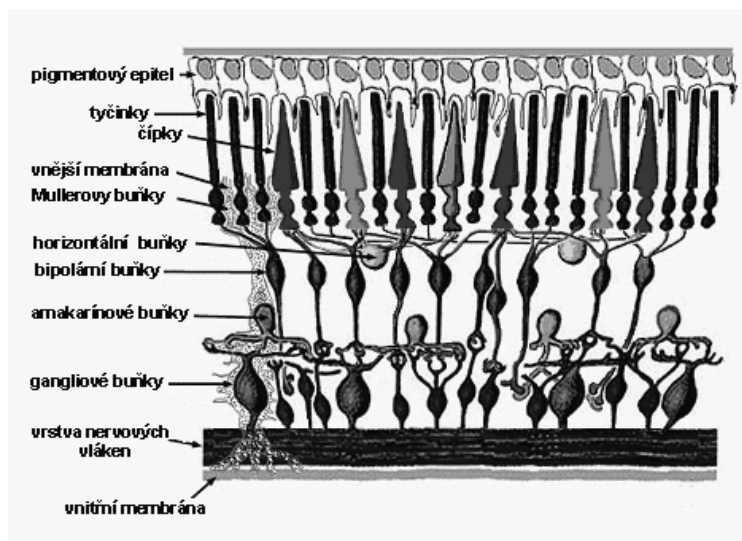
Poté, co jsme se seznámili s plovoucími objekty v našem oku, přiložíme opět kartičku s dírkou (tentokrát už může být o něco větší) blízko k oku a začneme s ní v jednom směru rychle pohybovat. Pohybujeme s výchylkami tak malými, abychom skrz díрку i přes pohyb nadále viděli, tj. zhruba o průměr dírkou.

Tento jev činí obvykle pozorovatelům největší problémy. Je potřeba hýbat s kartičkou relativně rychle a současně jen o malinko (vrtět).

Pozorování: Po chvíli nácviku se nám objevují další, tentokrát pevné (ne plovoucí) nitkovité struktury, převážně orientované ve směru kolmém k pohybu kartičky. Pokud změním směr pohybu, změní se i jejich orientace, a konečně, pokud změním pohyb na krouživý, objeví se nám promítnutý stín jakési stromčkové struktury.

Aby se světlo dostalo do světločivných buněk, musí projít poměrně náročnou cestu skrz epitel, gangliové buňky a mimo jiné také maličké cévy, které se táhnou po povrchu sítnice. (Na obr. 1 světlo vstupuje do oka zespoda, světločivné buňky jsou nahoře.) Právě ony jsou pozorovanou stromčkovou strukturou. Obvykle tyto cévy nevidíme, což je způsobeno tím, že naše oči, zjednodušeně řečeno, zaznamenávají nikoliv obraz dopadající na sítnici, ale jeho změny. Oči se totiž velmi rychle pohybují (i když jen o maličko) – a tak nám umožňují vidět hrany. Plochy na této úrovni vidění oči neregistrují a k jejich vizualizaci dochází až později v mozku. Blíže se o procesu vytváření obrazu je možné dočíst například ve [3].

Podobně také stíny za cévkami, které se táhnou po sítnici, oko nevidí, protože je sítnice pořád stejně zacloněná a nedochází tedy k žádným změnám. Když ale začneme pohybovat kartičkou před okem, začneme mírně měnit směr, ze kterého přichází světlo, stíny cév se začnou pohybovat a my je zpozorujeme. Podobně můžeme také cévy zahlédnout při očním vyšetření, kdy nám lékař posvítí v temné místnosti do oka [4].



Obr. 1: Sítnice a co je pod ní

4) Clona.

Umístíme opět kartičku před jedno oko, ale i druhé necháme otevřené a oběma očima současně pozorujeme jasnou plochu. Poté zakryjeme dlaní druhé oko (oko bez kartičky), chvíli počkáme a opět je odkryjeme.

Pozorování: Velikost otvoru v kartičce se mění: pokud druhé oko zakryjeme, zvětší se, pokud je odkryjeme, naopak se zmenší.

To, co mění velikost, přirozeně není díрка v kartičce, ale vstupní otvor do oka – pracuje zornička. Jedná se o základní reflex, kdy se velikost zorničky zmenšuje, pokud dopadá do oka mnoho světla (a naopak) a přizpůsobuje tak jeho množství citlivosti oka. Chová se tedy podobně jako clona ve fotografickém aparátu.

Za pozornost stojí jednak to, že množství světla dopadající do jednoho oka ovlivňuje i velikost zorničky druhého oka, tedy že oči nejsou v tomto aspektu autonomní, a dále to, že (u většiny lidí) se zornička při odkrytí oka nejprve rychle zmenší a za okamžik nato nepatrně zvětší (a naopak). Jedná se patrně o zpětnou vazbu, kdy oko nejprve hrubě zkoriguje množství světla a pak jej jemně doladí.

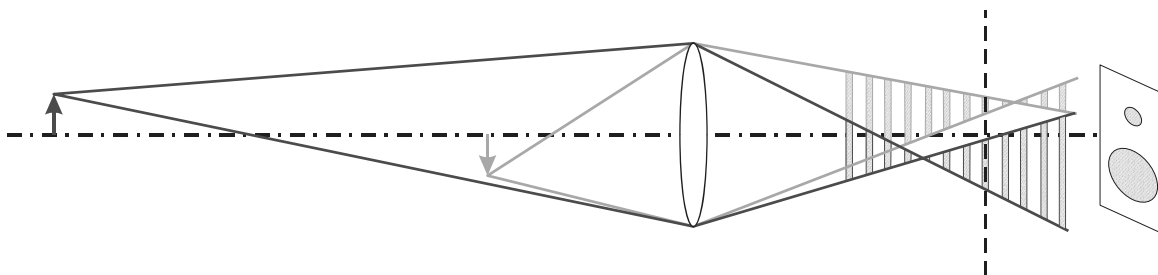
Zde je třeba říci, že není úplně zřejmé, proč by se měla pozorovaná velikost dírky měnit v závislosti na reakci pupily. Experiment ale dokládá, že tomu tak je.

5) Hloubka ostrosti

Zavřeme jedno oko a podíváme se druhým okem (bez kartičky) na blízký předmět (např. vztyčený palec pokrčené ruky) a na vzdálený předmět za ním (text na tabuli, obraz apod.) Ačkoli jsme schopni zaostřit na jedno či na druhé, obojí současně vidět ostře nedokážeme. Pak před oko vložíme kartičku s malým otvorem a pokus opakujeme.

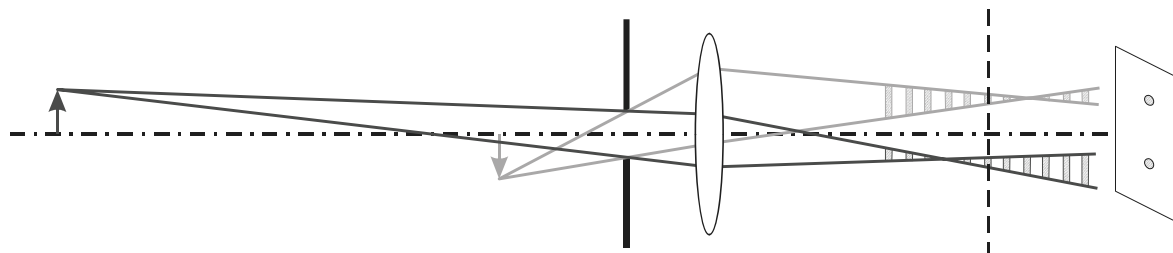
Pozorování: Pokud před oko vložíme kartičku s otvorem, vidíme ostře blízké i vzdálené předměty současně.

Tento jev je opět velmi příbuzný tomu, co známe z fotoaparátu – větší clona zvyšuje také hloubku ostrosti. Mechanismus je naznačen na obr. 2a a 2b. V prvním případě (bez kartičky) se široký kužel světla vycházející z bodu láme při vstupu do oka a na čočce a vytvoří někde uvnitř oka reálný obraz. Vytvoří-li se tento obraz mimo sítnici (čárkovaná čára), na ní se objeví místo bodu celá osvětlená ploška (naznačeno šrafovanými elipsami). Je-li tato ploška malá, vidíme ostře (obraz jako jeden bod se nevytvoří prakticky nikdy a navíc ani světločivné buňky nejsou body, ale mají konečnou velikost). Pokud ovšem zobrazujeme dva různě vzdálené body čočkou stejné mohutnosti, pak se i jejich obrazy vytvoří různě vzdáleny od sítnice a na sítnici dopadnou dva různě velké kužely.



Obr. 2a: Hloubka ostrosti bez clony

Přidáme-li do cesty paprsků clonu (kartičku), jednoduše zúžíme kužely a tak zmenšíme i plochy, které na sítnici vytvoří, přičemž velmi malou „neostrou plošku“ není možné odlišit od ostrého obrazu.



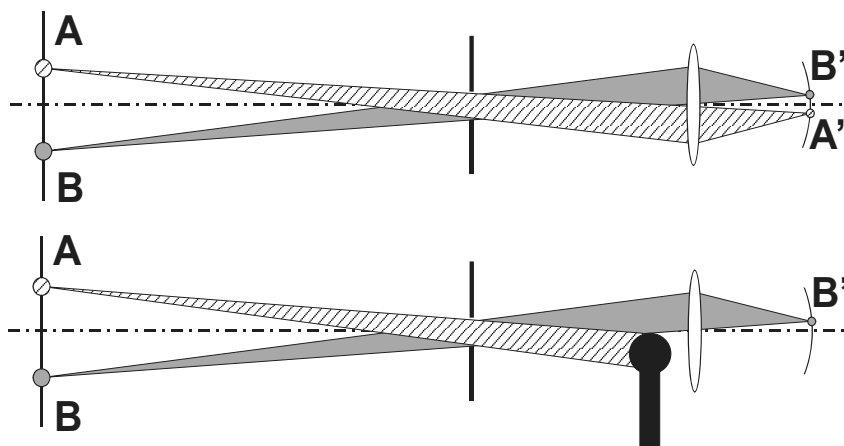
Obr. 2b: Hloubka ostrosti a vliv clony

6) Stín špendlíku

Umístíme kartičku zhruba 5 cm i méně od oka a pozorujeme díрку. Poté mezi oko a kartičku nasuneme z libovolného směru hlavičku špendlíku (a stále ostříme na díрку).

Pozorování: Když špendlík zakryje hlavičkou díрку, zjistíme, že jej vlastně vidíme dvakrát. Jednou přímo jako neostrou stříbrnou skvrnu těsně před okem (na tak blízkou vzdálenost oko zaostřit nedokáže), jednou jako převrácený černý stín uvnitř díčky.

Tento experiment v zásadě dokazuje, že člověk vidí převráceně. K vysvětlení nám pomůže obr. 3.



Obr. 3: Stín špendlíku

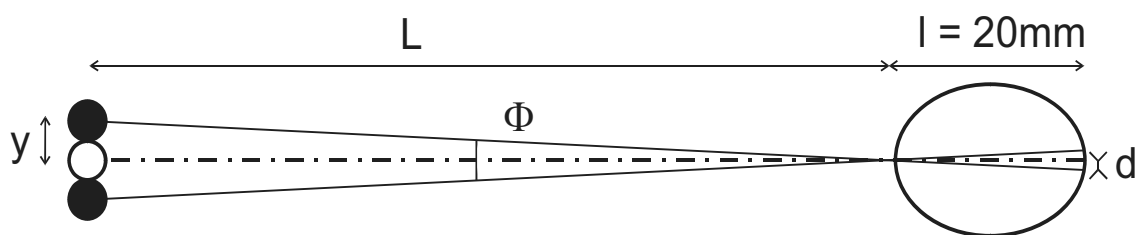
Na obrázku 3 nahoře vidíme, kudy se přes díčku a čočku šíří paprsky ze dvou bodů A a B. (Mimochodem, na tomto obrázku občas posluchače zarazí, že „kartička obraz převrací“ – ale čočka přece také převrací, tak jak to je? Vysvětlení je prosté: kdyby před okem kartička nebyla, zobrazovala by čočka celou svou plochou. Změnila by se sice jasnost obou obrazů, nikoliv ale jejich poloha. Kartička pouze vybere takovou podmnožinu těchto paprsků, která projde pod optickou osou ještě před čočkou, na směru jejich chodu ale nic nemění.) Obraz bodu A, který je nad optickou osou, se tedy vytváří na sítnici pod optickou osou.

Spodní obrázek ukazuje, co se děje, pokud špendlík část paprsků zastíní: Na sítnici se objeví stín, ale tento již není převrácený (nasouváme špendlík pod optickou osou a na sítnici je jeho stín také pod optickou osou). Přitom ovšem nám náš mozek tvrdí, že se špendlík nasouvá shora (protože zakrýváme paprsky přicházející z bodu v prostoru nad osou).

7) Měření rozlišovací schopnosti oka

Na tabuli před třídou umístíme dobře osvětlený bílý papír se dvěma 1 mm širokými černými čarami vzdálenými 1 mm od sebe (pro sál větší, než je třída, může být nutné rozměr zvětšit). Poté vyzveme žáky, aby zvedli ruku ti, kteří vidí na papíře dvě čáry. (V menším počtu vyzveme posluchače, aby si stoupli každý tak daleko od papíru, kde se jim právě obraz dvou čar ztratí v jednu).

Pozorování: Přední řady obvykle vidí dvě čáry bez problémů, zadní se diví, o jakých dvou čarách tu mluvíme. S pomocí pásma změříme „průměrnou vzdálenost“, na kterou posluchači ještě dvě čáry rozliší. Tento experiment je vhodný i pro to, aby si posluchači uvědomili, že nemusí všichni vidět totéž – že oči máme každý jiné.



Obr. 4: Měření rozlišovací schopnosti

Ze změřené vzdálenosti můžeme určit minimální zorný úhel (rozlišovací schopnost), obvykle udávaný v učebnicích jako 1 úhlová minuta. Z obrázku je zřejmé, že platí vzorec

$$\frac{2y}{L} = \Phi,$$

který dává hodnoty právě kolem 1'. (Nezapomeňme, že y je 1 mm – čáry mají šířku 1 mm a mezi nimi je 1 mm široká bílá mezera). Studentům po této demonstraci/měření bývá jasnější, co se vlastně takzvanou rozlišovací schopností myslí a odkud se její hodnota vzala.

Druhou věcí, kterou můžeme na tomto experimentu ukázat (i když je otázkou, jak moc na střední škole) je, že rozlišovací schopnost je důsledkem vlnových vlastností světla. Na kruhové pupile dochází k ohybu světla při vstupu do oka a důsledkem je, že se na sítnici objeví ohybové (Airyho) kroužky. Velikost prvního kroužku zjistíme podle vzorce

$$d = 1.22 \frac{\lambda f}{a},$$

kde λ je vlnová délka světla, f ohnisková vzdálenost a a poloměr kruhové štěrbin. Pro standardní pozorovací podmínky vychází velikost prvního kroužku v řádu jednotek μm . Právě tak velké jsou světločivné buňky – čípky, které jsou v oblasti žluté skvrny umístěny velmi těsně vedle sebe. Zajímavé je, že kdybychom vyšli čistě z geometrické optiky a podobnosti trojúhelníků (obr. 4), vyšla by nám velikost jednoho světlocitlivého elementu

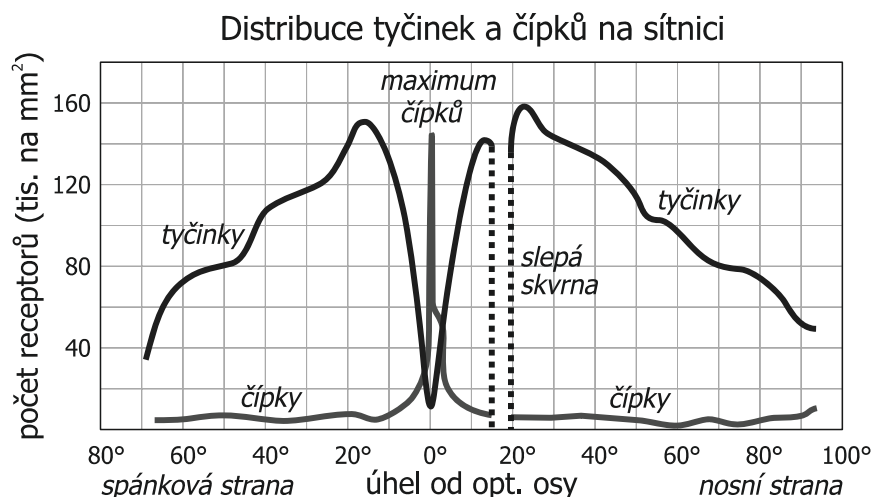
$$d = \frac{y}{L} l$$

opět stejného řádu. Můžeme tedy říci, že oko pracuje až do hranice oblasti, kde přestává stačit geometrická optika a začínají se výrazně projevovat vlnové vlastnosti světla. Cortel v [1] používá tento experiment primárně jako měření velikosti čípku „geometrickou cestou“, což je vzhledem k výše zmíněnému vlivu vlnových vlastností světla nesprávné.

Několik grafů aneb oko tak trochu vědecky

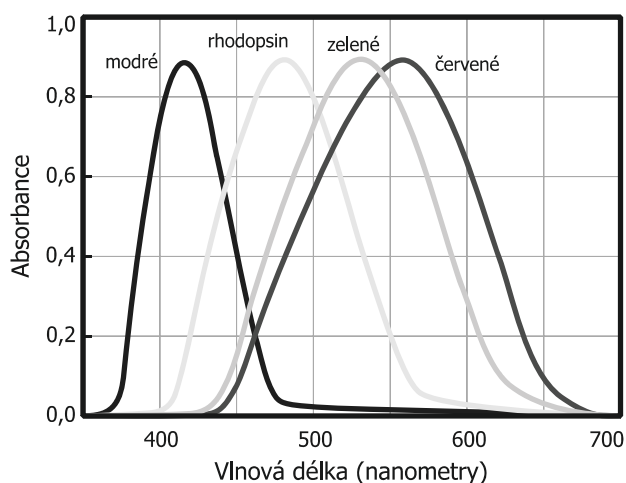
Grafy v této sekci jsou převzaty / překresleny z [5] a jejich smyslem je poskytnout trochu jiný (hlubší?) pohled na vidění, než jen obvyklou představu zobrazovací soustavy s čočkou a stínítkem (sítnicí).

Graf na obr. 5 zachycuje závislost hustoty tyčinek a čípků na odklonu od optické osy. Jasně vidíme, že v úzké oblasti kolem osy prudce vzrůstá hustota čípků a naopak klesá zastoupení tyčinek. Znamená to mimo jiné, že při velmi nízkém osvětlení nevidíme nejlépe místo, kam se díváme, ale prostor o několik stupňů mimo. Zkušený hvězdáři prý právě z tohoto důvodu umí pozorovat dalekohledem „tak trochu šikmo.“



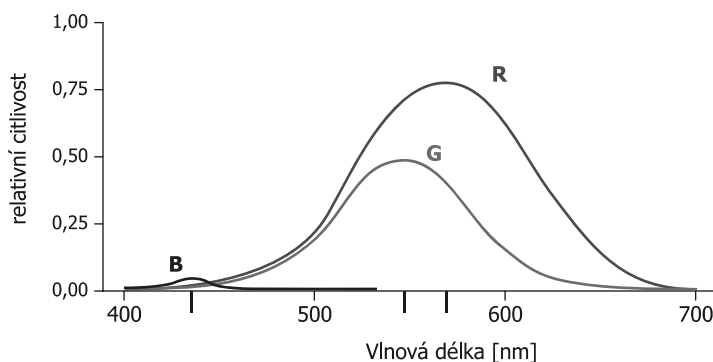
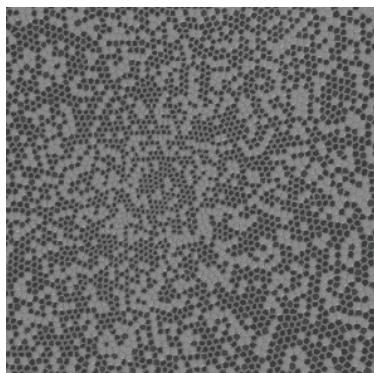
Obr. 5: Distribuce tyčinek a čípků na sítnici

Obrázky 6 i 7 se zabývají citlivostí jednotlivých druhů buněk. Rozdíl mezi nimi je v tom, že na obr. 6 jsou všechny barvy přeškálovány na jednotkovou stupnici a všechna maxima tedy stejně vysoká. Křivka s druhým maximem zleva odpovídá barvivu rhodopsinu obsaženému v tyčinkách. Z grafů je zřejmé, že maximální citlivost červených čípků je někde kolem 570 nm, tedy ve žlutozelené oblasti, nikoli červené. Nicméně ve velké oblasti se překrývají se zelenými čípky a tak svoje jméno dostaly tyto čípky proto, že když svítí červené světlo, ony jediné na něj dokážou zareagovat a podat nám o něm informaci. Jinými slovy „červené světlo vidíme pouze červenými čípky.“



Obr. 6: Orientační graf absorpčních spekter pigmentů

Zastoupení jednotlivých typů čípků na sítnici je nerovnoměrné. Na obr. 7a (převzat ze [6]) je schematické rozložení čípků. Všimněme si, že v samém středu sítnice je oblast, která neobsahuje vůbec žádné modré čípky. Pokud přepočítáme jednotlivé citlivosti podle jejich zastoupení, získáme křivky citlivosti uvedené na obr. 7b. Je až překvapivé, jak nízká je citlivost oka na modrou barvu proti zbylým dvěma barvám.



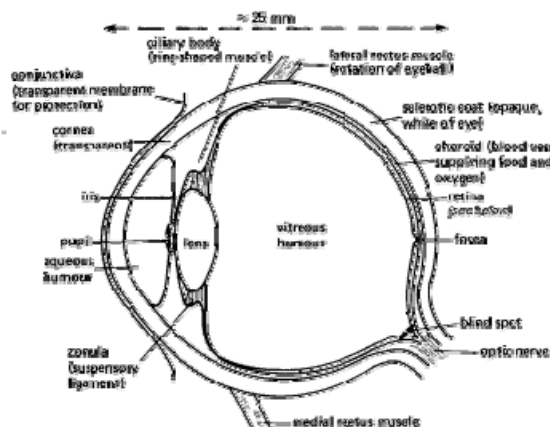
Obr. 7a: Zastoupení čípků na sítnici

Obr. 7b: Vzájemná citlivost jednotlivých typů čípků

Dva oblíbené mýty

Poloha slepé skvrny

Najdeme-li v učebnici obrázek oka, je to většinou vyobrazení horizontálního řezu okem (např. obr. 8). Tato poloha se volí proto, že je na ní možné zachytit i oční nerv. V knize je obrázek obvykle vytištěn tak, že oční nerv míří šikmo dolů a proto si mnoho lidí myslí, že v takové poloze je také oko v hlavě. Ve skutečnosti ovšem míří oční nerv směrem za nos, do hlavy. Koneckonců o poloze slepé skvrny se každý může přesvědčit jednoduchým experimentem a ve vertikální poloze žádnou slepou skvrnu nenajdeme.



Obr. 8: Oko jako z učebnice

Světlo láme čočka

Velmi často se setkáme s tím, že si lidé představují, že k lomu paprsků v oku dochází především v čočce. Tato představa je nesprávná – k největšímu lomu dochází v místě, kde je největší změna indexů lomu, tzn. při přechodu ze vzduchu do oka. Funkcí čočky je pouze korigovat toto zobrazení tak, aby se na sítnici vytvářel obraz ostrý.

Zdroje a odkazy

- [1] CORTEL, A. *Simple experiments on the physics of vision: the retina*, 2005 *Phys. Educ.* 40, s. 325-331
- [2] CORTEL, A. *Simple experiments on the physics of vision:*
[http://www.physics.umd.edu/lecdem/services/demos/demos01/Physics of vision \(I\).pdf](http://www.physics.umd.edu/lecdem/services/demos/demos01/Physics%20of%20vision%20(I).pdf)
- [3] Handprint: The structure of vision. <http://www.handprint.com/HP/WCL/color8.html>
- [4] Exploring your eye (Lab): [http://www.psych.ndsu.nodak.edu/mccourt/Psy460/Explore your eye lab/Exploring your eye \(Lab\).html](http://www.psych.ndsu.nodak.edu/mccourt/Psy460/Explore%20your%20eye%20lab/Exploring%20your%20eye%20(Lab).html)
- [5] Valenta, J.: *Materiály k přednášce Základy vědecké fotografie*, 2003
- [6] Physics of color and light – The retina:
http://www.physics.utoledo.edu/~lsa/_color/18_retina.htm

Fyzika v karate

Radim Kusák

Student MFF UK

Abstrakt

Příspěvek na konkrétních příkladech ilustruje, jak se v bojových uměních využívají základní fyzikální zákony. Při popisu principů jednotlivých pohybů jsem zanedbal méně důležité faktory, jelikož detailní rozbor těchto pohybů je ještě stále oborem zkoumání na sportovních fakultách po celém světě.

Úvod

Bojová umění jsou stará více než 2000 let. Vznikaly v různých částech světa – od Jižní Ameriky (capoeira) přes Evropu (řecko-římský zápas, šerm) až do Asie (kung-fu, karate). Z jednoho prostého důvodu – z potřeby lidí bránit se.

Ať už se podíváme na jakékoliv bojové umění, uvidíme, že princip pohybu je pro většinu z nich stejný. Je to způsobeno tím, že klouby a svaly v lidském těle mají omezený rozsah pohybu. Jednotlivá bojová umění se následně liší jen v názvech jednotlivých bojových technik a pozicích, ze kterých se tyto techniky zahajují, případně končí (je to otázka jejich historického vývoje).

Karate je původem z japonského ostrova Okinawa. Odtud se přeneslo do Japonska a později do celého světa. V dnešní době je mnoho stylů karate. Hlavními příčinami je, že karate se zpočátku přenášelo z generace na generaci a každý bojovník si bojovou techniku přizpůsoboval svým somatickým předpokladům (výšce, váze, délce končetin...). Hodně známými tradičními styly jsou Shotokan, Goju-ryu.

Já trénuji Moderní sportovní karate. Tento styl vznikl v Německu ve městě Cáchy jako vysokoškolský projekt pod vedením prof. Dr. Rudolfa Jakhela, VIII. Dan.

Pády

Každým rokem v zimě, když je náledí, můžeme slyšet ve zprávách, že je zvýšený počet zlomenin. Vysvětlení je prosté – člověk, který padá, se snaží pudově zabránit pádu na zem. Většinou spadne na dlaně – zlomí si zápěstí, případně na loket – zlomí si ho.

Fyzikální vysvětlení je jednoduché – člověk má přeci jen nějakou hmotnost, a pokud padá na zem, tak se tato jeho hmotnost musí rozložit mezi nohy a ruce, na které dopadá (pokud padá příliš rychle, celá váha těla je na ruce). Když si uvědomíme, jak velkou plochu má dlaň ruky, případně loket a přidáme k tomu tíhovou sílu našeho těla – tak se nemůžeme divit, že naše kosti takový tlak nevydrží a zlomí se.

Co to pro nás znamená? Musíme pád nějak vykompenzovat – máme dvě možnosti. Buď, převedeme naši potenciální energii na pohyb, který nám nijak neublíží – rybička (pokud padám dopředu), pád na bok se zhoupnutím, ... nebo musíme naši hmotnost rozložit na co největší plochu – pád na bok.

Pády můžeme najít v každém bojovém umění, protože se snaží, aby dopad na zem nezpůsobil člověku žádné zranění.

Princip pádu na bok se zhrounutím

Sedneme si do dřepu. Pravou nohu natáhneme šikmo dopředu směrem k levé noze. Nyní se pomalu zhoupneme postupně po boku natažené nohy, pak trupu. Hlavu tlačíme směrem k hrudníku, abychom se s ní nepraštili o zem (abychom nedostali otřes mozku).

Princip pádu na bok

Sedneme si do dřepu. Pravou nohu natáhneme šikmo dopředu směrem k levé noze. Nyní se vyhneme na pravou stranu a snažíme se dopadnout současně na pravý bok, bok pravé nohy a pravou ruku. Účelem je vytvořit co *největší plochu*, na kterou dopadáme, přičemž dopadáme na svaly – měkké části. Tudíž riziko zlomeniny není tak velké.

Přehozy/podmety

Přehozy a podmety jsou typické pro judo. Zde se člověk učí už na prvních trénincích. V jiných bojových uměních jsou také, jen se k nim člověk dostane až později. Základní fyzikální principy, kterých se zde využívá, jsou moment síly, dvojice sil, případně jednoramenná páka. Dále se zde objevují pojmy jako stabilní a labilní poloha.

Základní princip

Uděláme dvojice. Jeden z dvojice se rozkročí na šířku ramen. Naším hlavním cílem je našeho soupeře shodit. Snažíme se nyní vytvořit co nejdelší rameno otáčení pro sílu – uchopím soupeře za rameno. Těsně pod pupkem má člověk své těžiště. Pokud spojíme přímkou toto těžiště s ramenem, dostanu druhé působíště síly – koleno. Nyní se pokusíme shodit soupeře směrem dozadu. Budeme tedy vektor naší síly do ramene směřovat šikmo dolů a vektor naší síly do kolena směřovat šikmo nahoru – vytváříme *dvojici sil*. Nezáleží na tom, jestli budeme do ramene, případně kolena, tlačit nebo za něj tahat – síla je vektor (je jedno jestli sánky v zimě táhneme, nebo tlačíme – výsledkem je stejný pohyb).

Bojovníkovi stačí dostat soupeře touto dvojicí sil do labilní polohy – poté už na zem spadne sám.

Při těchto cvicích musí být soupeř uvolněný a nesmí klást odpor. Pokud je soupeř uvolněný, je mnohem snazší jej dostat do labilní polohy, jelikož se nechová jako tuhé těleso, ale jako „soustava hmotných tyčí s kloubním spojením“. Když soupeř klade odpor, snaží se naše pokusy o shoení vykompenzovat pohybem, který by jej opět dostal do stabilní polohy – většinou krokem nebo předklonem trupu. V sebeobraně se k uvolnění soupeře používá hlavně úder, v karate a judu moment překvapení.



Obr. 1 – podmet

Podmet

Na tomto principu pracuje většina podmetů v karate a judu. Většinou tlačíme naší rukou do soupeřova ramene a naše noha tlačí zezadu do soupeřova kolena (Obr. 1).

Přehoz

Přehoz přes patu. Zde budeme využívat *jednoramennou páku*. Soupeř stojí opět na šířku ramen, my dáme patu naší levé nohy za soupeřovu levou nohu. Opět budeme tlačít/tahat soupeře za rameno. Naše noha nám slouží jako osa otáčení s tím, že se opět snažíme dostat soupeře do labilní polohy.

Úder

Každý z nás už určitě zkoušel do něčeho, případně někoho praštit. Ale správný úder po fyzikální stránce je docela náročná věc. Budeme zde hlavně používat hybnost a moment setrvačnosti.

Princip úderu (dopředu)

Stojíme rozkročení na šířku ramen. Nyní si představíme, že těžištěm těla povedeme těžnici – to bude naše osa otáčení. Kolem ní se nejprve otočí bok směrem dozadu, ten nám natáhne ruku. Jakmile bok už nemá kam jít – rozsah pohybu je na maximu, začneme bok tlačít směrem dopředu. Pro ruku to znamená dvojnásobnou *změnu hybnosti*, než kdybych jen bouchal dopředu. Budeme bouchat pěstí. Abychom to stihli v nejkratším čase, bude se nám pěst pohybovat po přímce – *princip nejkratšího času*, s tím, že na konci budu bouchat kolmo do překážky. Naše ruka má nějakou hybnost (což je vektor) a kdykoliv nebouchnu kolmo, úder nebude tak efektivní – objeví se nám zde kosinus úhlu, který svírá normála překážky s hybností ruky.

Diagonální úder

Stojíme rozkročení na šířku ramen. Nyní dáme levou nohu o krok dopředu – stojíme v bojové pozici běžně používané v karate. Teď budeme bouchat pravou rukou. Abychom nepoužívali při úderu jen hybnost ruky, ale celého těla, budeme levou nohu přesouvat směrem dopředu. Pohyb ruky je tedy z hlediska vnějšího pozorovatele rychlejší a ještě se k hybnosti ruky přidává hybnost celého těla (Obr. 2).

Přímé kopy

Kopy opět využívají stejné principy jako údery. Základem je skládání hybnosti těla a nohy. Musíme opět narazit kolmo do překážky. Abychom toho dosáhli, musíme koleno kopající nohy vyšvihnout co nejvýše.



Obr. 2 – diagonální úder

Břišní svaly

Pro úder / kop je důležité bouchat co nejmenší plochou (čím menší plocha, tím větší tlak). V bojových uměních se většinou bouchá / kope maximální silou do břicha (ve většině stylů při sportovním boji se do hlavy nebouchá – z důvodu otřesu mozku). Aby břicho tento náraz vydrželo, je důležité, aby člověk stál rovně a rychle vydechl – způsobí to zpevnění břišních svalů. Svaly se totiž chovají jako pružiny s proměnnou tuhostí. I netrénovaný člověk cítí při rychlém výdechu zpevnění svého břicha.

Přerážení

V této dílně jsme si nakonec vyzkoušeli i něco přerazit. Princip je opět ve skládání hybností. Při úderech jsme skládali hybnost těla a ruky v horizontálním směru, tentokrát je budeme skládat ve směru vertikálním. Základním kamenem přerážení je švih ruky. Natažená ruka opisuje oblouk zezadu směrem nahoru nad hlavu, přičemž když jde dolů do překážky, tak se loket přitahuje k tělu – ještě více zrychlí díky momentu setrvačnosti. Současně když ruka míří dolů, snižujeme těžiště – přidáváme k hybnosti ruky i hybnost těla a roste její rychlost vzhledem k vnějšímu pozorovateli (Obr. 3).



Obr. 3 – přerážení

Literatura

[1] Jakhel R.: *Moderní sportovní karate*. Lupa, Svitavy 1992

Single water-drop can work as a projector

Gorazd Planinšič

Faculty for mathematics and physics, University of Ljubljana, Slovenia

Abstract

Simply by pointing a laser pointer on the drop of pond water you can show the magnified shadow images of microorganisms to all students in the classroom. The derivation of the magnification in paraxial region is simple enough to be treated on the secondary school level.

Introduction

The big science topic in the eye of the public today is biology and therefore it is not surprising that among the three main science subjects chemistry, physics and biology the latter is the most popular with many students. Using demonstration experiments during the physics classes that involve observations of biological material or relate to plant, animal or human physiology may raise the student's motivation. In addition such experiments can demonstrate that many achievements in biology rely on tools and methods that were developed by physicists.

It is well known that a simple microscope can be build from a small glass sphere (see for example [1]). However, it is easier still to build a single-lens microscope by using a drop of clear water instead of glass lens. The small water drop works as a spherical lens with a large magnifying power. You can find suggestions how to make your water-drop microscope in several popular science books for young people or on the web. But as shown in this paper (see also the former version of this article [2]), the optical properties of water drop can be used also to make a water drop projector.

Experiment

Sample

Take a plastic syringe and obtain some water from pond or large puddle with a lot of decaying plants. Fill the syringe with the water from the pond. Try to catch some very small animals (0.2 mm to 0.5 mm) that move around in the water. Many of them are staying close to the bottom of the pond or in the mud.

Fix the syringe on a holder (Lego blocks or piece of wood work well) using an adhesive tape as shown in the Figure 1.

Light source

Fix the laser pointer on a vertical positioner. An empty stick-deodorant container will do as shown in the Fig. 1.

Lens

Carefully push the syringe piston until the drop is formed at the end of the nozzle. The drop should be about 2 mm in diameter.

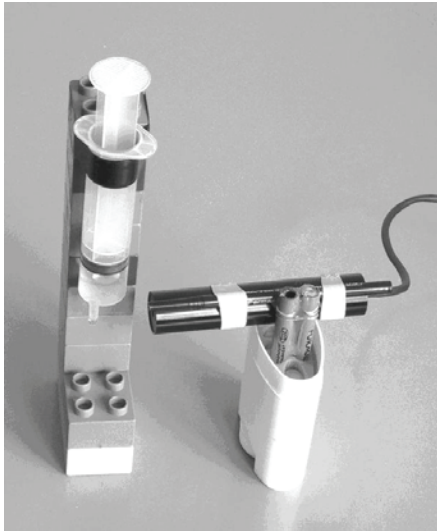


Fig. 1. Water-drop projector: experiment set-up.



Fig. 2. Photograph of the projected shadow image of water flea (*Daphnia species*). The real size of each projected image is about 1m x 1m.

Observation

Place the syringe holder on a table about two meters away from the screen or white wall. Switch on the laser pointer and adjust the beam to point exactly through the middle of the water drop at the syringe and in the direction perpendicular to the screen. For the fine horizontal adjustment of the laser pointer move the deodorant container and for vertical adjustment use the build-in screw. With the right adjustment of the laser bright spot extends into a large round image on the screen about two meters in diameter. Now, if your pond water is rich enough with little animals you should see their magnified shadow images floating and moving around on the screen. Small single-cell animals like *Paramecium* appear as dark spots surrounded with interference fringe contours. Some of them exhibit movements but no detailed structure can be recognised. Larger animals like mosquito larva (*Anopheles species*), Cyclops (*Cyclops strenuus*) or water fleas (*Daphnia species*) appear like real monsters on the screen (see water flea in Fig. 2). Here you can clearly identify individual parts of their bodies and follow their movements. In our case the images were projected on the white wall and photos were obtained with a digital camera. You may at first see nothing but the dark floating spots surrounded by few concentric circles caused by light diffraction on small parts of decaying plants and single cell protozoa. Be patient. The light attracts the little animals and after some time they swim down to the syringe nozzle and into the water drop. You can also give them a little help by dripping a few drops from the syringe.

How the water-drop projector works?

The drop at the end of the syringe, though not a perfect sphere, can be treated as a small spherical lens. The light beam from the laser pointer that falls on the drop refracts both times it passes through the water-air interface. Let's follow the path of the ray that enters the water drop just above the object, which floats in the water drop at small distance x from the geometrical axis (Fig. 3).

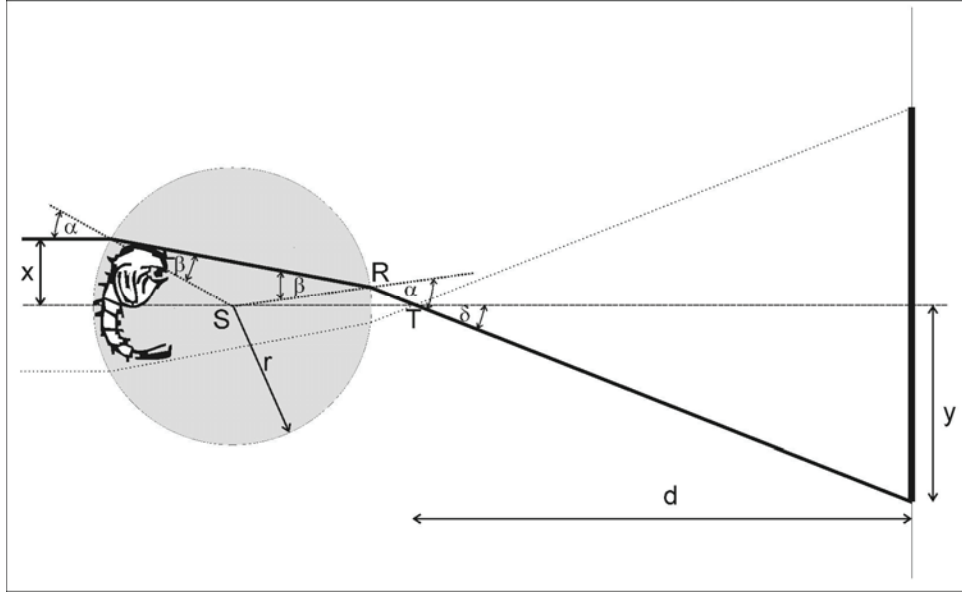


Fig. 3. The optics of the water-drop projector.

The ray will refract twice and reach the screen at the distance y below the geometrical axis. The distance y is determined by the distance from the drop to the screen d and the angle δ , which can be calculated using simple geometry:

$$\delta = \alpha - \angle RST,$$

$$\angle RST = 2\beta - \alpha,$$

$$\delta = 2(\alpha - \beta).$$

Using Snell's law $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n}{n_0}$ (where for the water and air $n = 1.33$ and $n_0 = 1$ respectively)

and with $\sin \alpha = x/r$, the angle δ is given by the equation:

$$\delta = 2\left(\arcsin \frac{x}{r} - \arcsin \frac{x}{nr}\right).$$

For the rays close to the geometrical axes (paraxial region) all the angles in the calculation above are very small and therefore the expression for δ can be simplified using the approximation $\arcsin(z) \approx z$:

$$\delta = 2\frac{x}{r}\left(1 - \frac{1}{n}\right).$$

The projected image on the screen is a magnified shadow of the object (animal) with magnification equal to

$$M = \frac{y}{x} = \frac{d \tan \delta}{x} \approx 2\frac{d}{r}\left(1 - \frac{1}{n}\right),$$

where the approximation ($\tan \delta \approx \delta$) is valid in paraxial region. For the water drop 2 mm in diameter the shadow image on the screen 2 m from the set-up is about 1000 times larger than the object. Note that in derivation we assumed that the object floats on the laser side of the drop. It can be seen from the figure 1 that the same shadow height can be produced by a smaller object placed at the screen side of the drop (or anywhere in between). Clearly

the magnification is largest for the objects that are floating at the screen side of the drop. In this case

$$M_{\max} = \frac{d}{2r} \frac{n}{2-n}$$

in paraxial region. For the parameters as given above this the magnification factor is 1985.

The above derivation was based on the assumption that the water drop is a perfect sphere. Though the bottom part of the drop is spherical to a good approximation, the upper part where drop touches the nozzle is seriously distorted what can result in different patterns if the laser is aimed at these parts of the drop. However, there are other ways to make water drop lens that are closer to sphere than the one we suggested above. On example, wrap a copper wire (thickness of 0.2 mm or so) to make a small ring and than touch the ring with the drop hanging from the syringe. The surface tension will make the drop jump into the ring where it will stay and form an almost perfect sphere. Or simply touch the drop from the syringe with a microscope glass plate and you'll get a nice plan-concave lens. The suggested alternatives (see Fig. 4) can be used to observe the small animals in the pond water and the observed shadow images may be even better than those obtained with the hanging water drop. But the advantage of the hanging water drop method is the simple construction and the fact that you can have many animals inside the syringe. In addition the connection with the water in the syringe prevents the water from quick evaporation and from overheating due to the absorption of laser light, what may cause the death of the micro organisms.

In general green laser is superior for demonstrations in front of the large audience due to high sensitivity of the human eye in this wavelength region, but the method works also with red lasers. In addition it seems that the little animals are more attracted by the green light what makes them swimming down into the drop by themselves.

References:

- [1] Wayne O.W.: *Glass tubing microscope*, Phys. Teach. 17, 204 (1979). In: The Physics Teacher 17, (March 1979), pp.204-205
- [2] Planinsic G.: *Water-drop projector*. In: The Physics Teacher 39, (Feb. 2001), p. 76-79.

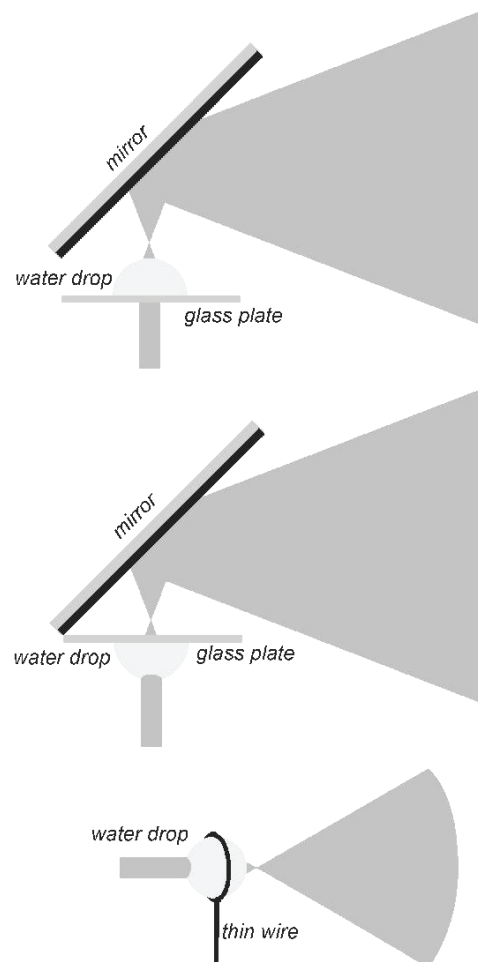


Fig. 4. Alternative water-drop set-up configurations.

Colour LED light mixer for every student*

Gorazd Planinsic

Faculty for Mathematics and Physics, University of Ljubljana, Slovenia

Introduction

Make a simple colour light mixer using colour LEDs. Show the principles of additive colour mixing, show how human eye perceive yellow colour, explore the formation of different colour shadows.

Material

- ultra bright colour LEDs: one red, green and blue LED and 3 yellow LEDs ¹
- 3 switches
- 3 variable resistors (0-500 Ohm)
- few 50 Ohm and 100 Ohm resistors
- three AA batteries and one 9V battery
- wires to connect elements
- 2 white pink-ponk balls
- 2 black plastic film-cans
- different acetate colour filters ²

Assembly

Make a point light source

Using a jigsaw carefully saw off the part of the LED body that makes the lens. Make sure that you do not cut too close to the PN junction (1mm away is OK). Smooth the surface you have cut with a fine sand paper and polish it with a white toothpaste until the surface looks transparent. Repeat this procedure with all LEDs.

Make a colour light mixer

Make three holes in the pink-ponk ball by using a hot tip of the soldering iron. The holes should be just big enough that the LEDs sit in but not fall into the ball. Connect red, green and blue LED in parallel to 4,5V voltage source (three AA batteries) as shown schematically in Fig 1. The value of the fixed resistors should be chosen so, that the current through each LED does not exceed the allowed forward current given by the producer (normally 20-30 mA) at the lowest setting of the variable resistor (in our case: red-100 Ohm, green and blue 50 Ohm) Use a plastic film container as a stand for the ball and fix all the elements on the board with a glue-gun. The assembled colour mixer is shown in Fig 2.

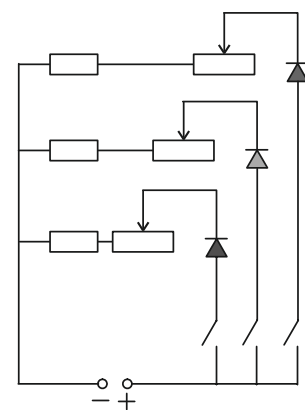


Figure 1. The LED colour mixer circuit

Make a pure yellow light source

Prepare a second pink-ponk ball in the same way as the first one. Connect three yellow LEDs, resistor (50 Ohm in our case) and the switch in series (watch the polarity) to 9V battery.

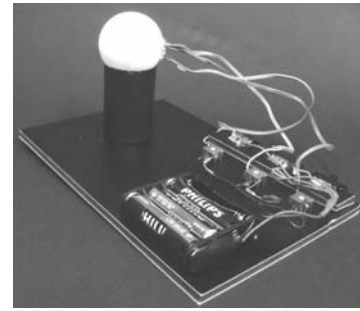


Figure 2.

Try This

1. Switch on the three LEDs of the colour light mixer. Adjust variable resistors to obtain the best white light. Notice how our eyes are sensitive to small variations in colour proportions when the resultant colour is close to white.
2. Switch-on two colour LEDs at a time and observe the resulting colour shades of the pink-ponk ball. How many 'new' colours can you make?
3. Switch-on the red and green LED (the pink-ponk ball glows yellow). Now switch-on the pure yellow light source. Adjust variable resistors of the red and green LED so that the yellow light from two pink-ponk balls appear as equal as possible. Observe the two balls by looking through a different acetate colour filters.
4. Make a hole on the top of the colour light mixer pink-ponk ball. Push a toothpick through the whole down into the pink-ponk ball and observe the coloured shadows that appear on the ball wall. Try to explain the appearance of the colour shadows.

What's Going On?

1-2. Glass prism separates the white light on its colour components. Similar phenomena happen in water droplets when you observe the rainbow. Colour light mixer does the opposite: it shows that white light can be obtained by combining (adding) different coloured lights: red, green and blue in our case.

By switching two different LEDs at a time you can make three different combinations that will produce three 'new' colours. The three resulting colours are cyan, magenta and yellow.

3. Sensation of yellow in our eyes can be achieved either by a pure yellow light or by a mixture of green and red light. Green filter transmits all green light, small part of the yellow light but it blocks most of the red light. That is why the two 'yellow' pink-ponk balls appear different when observed through the filter.

4. An object inside the pink-ponk ball casts shadows on the ball wall. Since LEDs are at different positions they cast the shadows on a different places on the ball wall. The colour of certain point on the ball wall is mixture of colour lights from LEDs that can be seen from that point. On example the point on the wall from which the blue LED cannot be seen will appear yellow.

So What?

Many more colour shades can be obtained by mixing red, green and blue lights in different proportions. Colour formation in colour TVs, video projectors and cameras is based on the same principle.

Cones in the retina are responsible for colour sensation in human eyes. In the simplified explanation there are three types of cones that separately sense three different portions of

the spectrum: red, green and blue. The sensitivity curves are broad and their tails overlap. There are no 'yellow cones'. The sensation of yellow appears when the red and green cones are about equally stimulated. This can be done in two ways: either by the mixture of red and green light or by the light of which wavelength falls between the red and green where the corresponding sensitivities of red and green cones are about the same.

Going Further

Create a colour on the screen of the computer. Try to match the colour of your colour light mixer to the colour on the screen by turning the variable resistors.

Put different objects inside the pink-ponk ball (you can make more holes) and observe colour shadow patterns. Try to explain the patterns.

Observe the colour LED light mixer using a pocket prism spectrometer. Learn about emission spectra of the LEDs and examine the transmitting spectra of different colour filters.

*) For more details see: G. Planinsic, TPT 42, 21 (2004).

1) I used the following LEDs from Kingbright red L-53SEC-H, green L-53VGC-E, yellow L-53SYC-H and blue NSPB500S from Nichia.

2) You can make your own filters by colour printings on transparencies.

Teplo a teplota

Zdeněk Polák

Jiráskovo gymnázium v Náchodě

Abstrakt

V příspěvku je uvedeno několik jednoduchých experimentů týkajících se tepla a teploty, rady k výrobě některých pomůcek vhodných pro výuku těchto témat a také několik návodů k laboratorním pracím.

I. Několik námětů na pomůcky a demonstrační experimenty

Kalorimetr

Při pokusech s výměnou tepla potřebujeme nutně jednoduché kalorimetry. Nejlepší je, když si je žáci vyrobí sami. Potřebujeme vnitřní nádobu, tepelnou izolaci a vnější obal. Možností je mnoho a žáci si pak mohou kvalitu svých kalorimetrů porovnat. Nejvíce se nám osvědčila varianta, kdy vnitřní nádobou je skleněná kádinka 250 ml, izolací pás molitanu a vnějším obalem spodek z odříznuté PET lahve 1,5 l. Vhodné pásy molitanu lze získat v prodejnách zeleniny. Dovážené hrozny vína jsou molitanem obloženy, aby se při přepravě nepoškodily. Kádinku lze nahradit buď odříznutou PET lahví menšího průměru, jinou plastovou lahví či tenkostěnnou plechovkou od nápoje. Jinou možností pro izolaci je např. více vrstev bublinkové fólie. Kalorimetr uzavřeme tlustou zátkou z polystyrenu s otvorem pro teploměr. Vhodnější je pevnější typ pěnového polystyrenu. Používá se v různých tvarech pro mechanickou ochranu přístrojů v krabicích při dopravě.

Lihový kahan

K jeho výrobě budeme potřebovat skleničku s šroubovacím kovovým víčkem o objemu 50 ml až 200 ml. Z vlastní zkušenosti bych řekl, že menší je lepší. Dobré jsou skleničky od dětských přesnídávek, džemů, pikantních směsí, sterilovaného křenu apod. Pak potřebujeme kovovou trubičku o vnitřním průměru 4 mm až 8 mm a délce asi 2 cm, nejlépe mosaznou nebo měděnou. Při výrobě jednoho či dvou kusů vystačíme s trubičkou od vypotřebované velkoobsahové náplně do kuličkové propisovací tužky. Při větším počtu lze zakoupit v potřebách pro řemeslníky (plynaře, topenáře a opraváře ledniček) měděné trubičky od průměru 4 mm výš. Cena za metr s průměrem 6 mm (tady se udává vnější rozměr) je cca 50 Kč. Víčko z pocínovaného ocelového plechu provrtáme vrtákem, jehož průměr je o několik desetin mm menší než průměr trubičky. Otřepy strhneme velkým vrtákem. Víčko v těsné blízkosti otvoru obrousíme smirkovým papírem na lesklý kov. Odříznutý osmirkovaný kousek trubičky protlačíme otvorem ve víčku. Jde to ztuha, pomůžeme si kladívkem. Přechínavající kousek trubičky nad víčkem zasuneme do otvoru v pomocném prkénku, abychom zajistili kolmost trubičky k víčku. Víčko s trubičkou spájíme cínem. Při pájení používáme dostatek kalafuny, aby se zabránilo přepalování a oxidaci cínu. Hrot pájky přitiskneme do místa styku spojovaných předmětů, necháme dostatečně rozežhát, přidáváme cín a pomalu otáčíme víčkem, aby se cín rovnoměrně roztavil a dokonale přilnul k pájeným povrchům. K pájení postačí jakákoli pájka o výkonu od 100 W. Používáme pistolové traťopájký. Nakonec trubičkou provlékneme bavlněný knot. Dá se koupit jako náhradní knot do olejových lamp. Použít se dá i bavlněná prádelní šňůra. Skleničku naplníte lihem, zvlhčete jím knot a kahan je připraven k činnosti.

Hřejivý polštářek

Dobrou pomůckou demonstrující uvolnění skupenského tepla při tuhnutí kapaliny je tzv. hřejivý polštářek. Dá se koupit v prodejnách s turistickými potřebami za cca 100 Kč, nebo někde ve výprodeji za podstatně nižší cenu. Jde o plastický váček naplněný čirou hustou tekutinou, ve které je kulatý ocelový plíšek. Při promáčknutí plíšku začne tekutina v jeho okolí krystalizovat. Původně tekutý obsah se mění na polotuhou neprůhlednou kaši krystalků ve zbytcích tekutiny a silně se zahřívá. Až na teplotu 54 °C. Jak to funguje? Uvnitř je roztok vhodné látky, která vytváří relativně stabilní fázi přesyceného roztoku za nízké teploty. Při promáčknutí plíšku dojde při rychlém překmitnutí ke vniku rázové vlny. Rovnováha je porušena, začínají vznikat vazby mezi molekulami a látka přechází do stabilnější tuhé fáze. Uvolňuje se skupenské teplo tuhnutí. Teplota látky roste. Po ztuhnutí obsahu jeho teplota pomalu klesá do vyrovnání s teplotou okolí. Tento proces je vratný. Ztuhlý a vychladlý polštářek vložíme do vařící vody. Po dokonalém rozpuštění všech krystalků ho necháme vychladnout. Obsah zůstane tekutý a polštářek je připraven k dalšímu cyklu. Co je uvnitř? Asi ve většině běžně dostupných polštářků voda a octan sodný. Ten velmi dobře splňuje základní podmínky pro správnou funkci. Jeho rozpustnost ve vodě silně závisí na teplotě a vytváří snadno relativně stabilní přesycený roztok. Navíc je prakticky neagresivní, zdraví neškodný při polknutí a cenově příznivý. Podobného jevu lze dosáhnout i s jinými látkami, např. s thiosíranem sodným.

Var kapaliny za nízké teploty při normálním tlaku

Každý z nás zná dobře var vody. Vytváříme si od dětství představu, že co se vaří, je horké a nedá se na to sáhnout. Ale ne všechno co vypadá jako voda, jí také je. Použitelnou kapalinou pro var za nízké teploty je butan. Tlak jeho syté páry je roven atmosférickému při teplotě -1 °C. Při pokojové teplotě dosáhne několika desetin MPa (několika atmosfér). Směs plynů s vysokým obsahem butanu se prodává jako plyn pro plnění zapalovačů. Cena za 200g je cca 60 Kč. Dodává se obvykle v tenkostěnných ocelových nebo silnostěnných plastových nádobkách jako běžné spreje. Mají také stejný princip uzávěru, jen místo trysky lze nasunout různé nástavce k jednotlivým druhům ventilů zapalovačů. Jak pozorovat var butanu? Nejjednodušší a velmi působivé je vystříknout několik mililitrů přímo na desku stolu. Var je intenzivní, a lze také dobře pozorovat i Leidenfrostův jev. Část kapaliny v malých kuličkách rejdí po podložce nadnášena vlastní párou. Po zmizení posledních kapiček je deska stolu chladná. Na vypaření kapalina spotřebovala skupenské teplo.

Výhodnější je připravit si trvalý pokus. Zásobní tlakovou láhev s butanem necháme vychladit ve výparníku chladničky, aby měla teplotu okolo 0 °C. Vezmeme 0,5 l čistou čirou PET láhev uzavřenou původním víčkem, ve kterém jsme vyvrtali dva otvory. Plnicí otvor má průměr cca 3 mm, odvětrávací nejméně 5 mm. Výpustný ventil tlakové láhve vložíme do menšího z nich a láhev shora přitiskneme. Tím se ventil otevře a do PET láhve tryská tekutý butan. Dochází k bouřlivému varu, kapalina se ochlazuje pod bod mrazu. Je potřeba dávat pozor na ruce, aby pokožka nepřišla do styku s kapalným butanem, mohlo by dojít k jejímu podchlazení, až ke vzniku omrzlin. PET láhev naplníme butanem asi do výšky 4 cm a necháme jej volně vařit. Pozorujeme, jak se vzduch okolo láhve chvěje. Unikající plyn je těžký a má výrazně jiný index lomu než vzduch. Necháme odpařit tolik butanu, až hladina klesne asi o 0,5 cm. Tím se z láhve vypláchne téměř všechn vzduch. Opatrně odšroubujeme víčko s otvory a přiklopíme normálním víčkem. Necháme ještě několik sekund unikat plyn a pak teprve dotáhneme. Uvnitř láhve se vzrůstem teploty ještě zvýší tlak páry, až se dosáhne rovnovážného stavu. Láhev je připravena k experimentu. Před provedením demonstrace ji dáme vychladit do mrazáku, aby plyn uvnitř zkapalnil.

Bohužel plyn do zapalovačů není čistý butan. K dosažení tlaku syté páry nižšího než je atmosférický, nestačí ochladit láhev na teplotu pod $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Plyn musíme ochladit, podle jeho čistoty, nejméně na teplotu $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Při dosažení dostatečně nízké teploty prakticky veškerý plyn zkondenzuje, tlaková síla vyvolaná převažujícím vnějším atmosférickým tlakem stlačí pružný obal PET láhve tak, že vnitřní objem je celý vyplněn jen kapalným butanem. Při demonstraci láhev vyjmeme a uchopíme do prstů. V místech dotyku kapalina vře, teplota a tlak syté páry butanu roste a za několik sekund má láhev původní tvar. Dosud je studená a stisknutím lze poznat, že uvnitř není tlak o mnoho větší než atmosférický. Necháme láhev ohřát na pokojovou teplotu. Tlak uvnitř ještě vzroste. Závěr: tlak syté páry butanu roste s teplotou. Po ukončení pokusu dáme láhev zpět do mrazáku. Při tomto způsobu uchovávání udržujeme uvnitř trvalý podtlak. Pozn.: Při všech experimentech s butanem zachováváme maximální opatrnost, abychom nevyvolali jeho vznícení. Rozhodně nepracujeme s otevřeným ohněm.

Peltierův článek a jeho použití ve škole

Peltierův článek je ideální a naprosto jednoduchá pomůcka pro demonstraci činnosti tepelných strojů. A to jak přeměny vnitřní energie na práci, tak i využití práce na čerpání tepla. V prodejně s elektronickými součástkami lze zakoupit termoelektrické Peltierovy články. Jsou určeny k aktivnímu odvádění tepla ze zahříváných míst, do polovodičových chladniček a k podobným účelům. Ve skutečnosti nejde o jeden, ale vždy o celou soustavu několika desítek článků spojených v sérii. Jsou zapájeny mezi dvě tenké křehké keramické destičky a zakončeny dvěma vývody. Prodává se celá řada typů v cenách od 120 Kč do 200 Kč za kus. Při koupi se lze orientovat základními parametry, jako jsou rozměry, maximální proud, napětí, čerpaný výkon při nulovém teplotním rozdílu a vnitřní odpor. Jde o polovodičovou součástku a nelze ji příliš tepelně namáhat. U všech je uvedena maximální teplota $68\text{ }^{\circ}\text{C}$. Doporučuji zakoupit robustnější typ, u kterého je menší pravděpodobnost zničení. Ve škole používáme typ uvedený na obr. 1. Je to dobrý typ, ale byl by vhodnější ještě s větším výkonem.



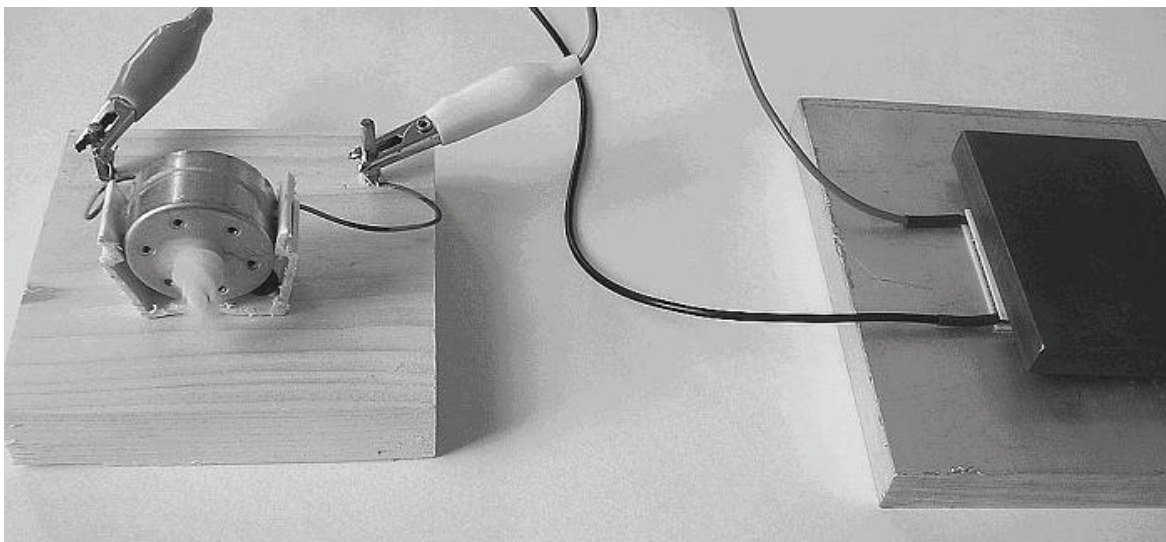
Obr. 1: Používaný Peltierův článek

Výrobce uvádí:

Thermoelectric Cooler (Peltier Module)
Size 30 x 30 x 3,8 mm (W x D x H),
weight 17 g, $I_{\max}$ 8,5 A, $U_{\max}$ 8,6 V,
 $Q_{\max}$ ($\Delta T = 0$) 38,5W, $T_{\max} = 68\text{ }^{\circ}\text{C}$,
 $R = 0.85\ \Omega$.

S uvedeným článkem provádíme dva základní experimenty. Nejprve ho necháme kolovat po třídě s plochou baterií. Je lepší, když už není úplně čerstvá. Žák si článek vezme do prstů tak, aby se dotýkal širokých keramických ploch. Po připojení baterie se jedna strana znatelně ochladí a druhá zahřeje. Jestliže obrátí polaritu zdroje, zamění se také teplá a chladná plocha. Při průchodu proudem dochází k přenosu tepla. Směr přenosu závisí na směru proudu. Předvádíme tak princip tepelného čerpadla (chladničky).

Pak článek použijeme jako zdroj proudu, kterým budeme napájet malý motorek viz obr. 2. Velmi vhodné jsou motorky z CD ROM, které se otáčí již při napětí 0,5 V a proudu cca 15 mA. Článek položíme jednou stranou na silnou hliníkovou desku o pokojové teplotě. V horké vodě ohřejeme měděnou destičku, kterou položíme navrch. Teplo přechází přes článek z horké desky na chladnou. V uzavřeném obvodu vzniká elektrický proud. Motorek se okamžitě roztočí, koná mechanickou práci. Oba jevy můžeme zkombinovat. Použijeme dva články. Jeden jako zdroj proudu a druhý jako tepelné čerpadlo. Více [6], [7].



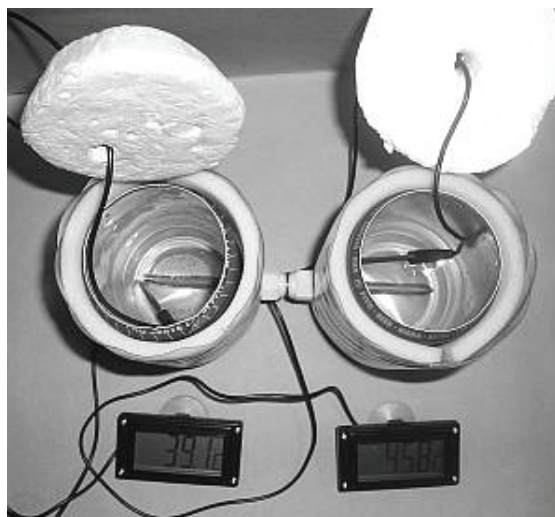
Obr. 2: Motorek z CD ROM napájený Peltierovým článkem. Spodní deska je hliník o pokojové teplotě, horní je měď s teplotou okolo 60 °C.

Var za sníženého tlaku

Běžným pokusem předváděným ve škole je var vody za sníženého tlaku. Variantou je var etanolu v uzavřené trubici, kde lze sledovat vypařování a kondenzaci. Delší skleněnou trubici (asi 50 cm) o vnitřním průměru cca 1 cm na jednom konci zatavíme. Nasypeme asi 10 cm vysoký sloupec keramických perliček pro klidný var. Zalijeme do třetiny délky trubice etanolem. Na horní konec navlékneme gumovou hadici s tlačkou. Zatím necháme hadici mírně stlačenou, ale průchodnou. Celou trubici prohřejeme poléváním horkou vodou a pak zasuneme zatavený konec do varné konvice plné horké vody. Líh v trubici se začne bouřlivě vařit a jeho páry prudce unikají hadicí ven. Když se odpaří několik mililitrů, hadici tlačkou uzavřeme a vytáhneme z horké vody. Při unikání plynného etanolu unikl z trubice takřka všechen vzduch a uvnitř zůstal kapalný etanol, voda a jejich syté páry o celkovém tlaku menším, než atmosférický. Pružná hadice je vnějším přetlakem zploštělá. Nyní stačí zasunout konec s perličkami a lihem do teplé vody. Uvnitř dojde k bouřlivému varu, v horní části trubice kondenzuje plynný alkohol a stéká po stěnách dolů, odkud se opět vypařuje. Hadice je stále stlačená, což ukazuje, že uvnitř je nižší tlak než venku. V této situaci dochází uvnitř trubice k intenzivnímu přenosu tepla. V dolní části se odnímá skupenské teplo vypařování, které se v horní části uvolňuje při kapalnění látky. Tohoto principu se průmyslově užívá při aktivním přenosu tepla bez dodání energie v tzv. Heat Pipe. V počítačové a stavební literatuře lze nalézt český název tepelná trubice.

Heat Pipe (tepelná trubice)

Může se vám naskytnout příležitost získat z chladiče procesoru počítače tepelnou trubici. Neváhejte a zařaďte ji do svých sbírek. Opravdu úžasné zařízení na přenos tepla. Základem je měděná tenkostěnná trubice. Její vnitřní stěny jsou pokryty mikroporézní látkou, v níž je nasáklá těkavá kapalina. V ose trubice je prostor vyplněný jen sytou párou dané kapaliny. Pokud trubici v některém místě zahříváme, kapalina se vypařuje a pára proudí do míst s nižší teplotou, kde kondenzuje. Kapilárními silami se vrací rychle zpět. Při vypařování se spotřebovává skupenské teplo, které se při kapalnění uvolňuje. Tak se neustále celý vnitřní



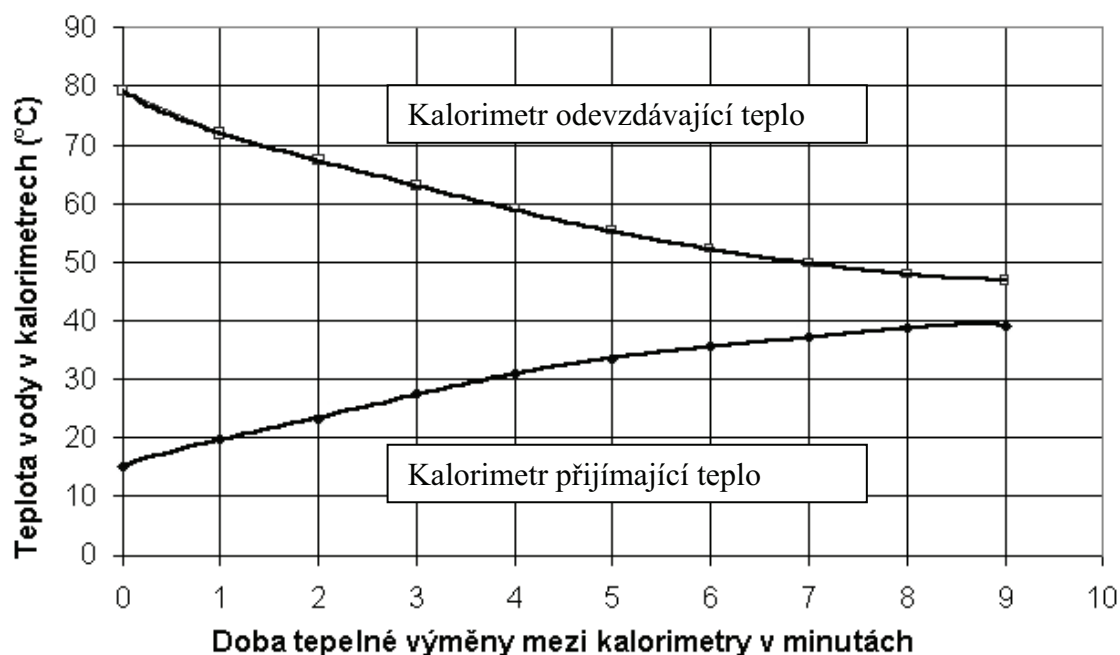
Obr. 3: Kalorimetry propojené testovanou tepelnou trubicí

prostor udržuje s malým rozdílem teplot v různých místech. Navenek to vypadá, jako by trubice měla obrovskou tepelnou vodivost. Chceme-li se přesvědčit o její účinnosti, vezmeme do jedné ruky měděnou tyčku a do druhé tepelnou trubicí stejné délky a průřezu. Ponoříme je do horké vody. Tepelná trubice se prohřeje během několika sekund, zatímco měděná tyčka je během této doby na konci stále ještě chladná. Nebo naopak přiložíme volné konce ke kostce ledu. Opět ucítíme prudký pokles teploty v trubici. Tepelný výkon přenášený trubicí závisí na mnoha faktorech. Především na teplotním rozdílu konců trubice, rozměrech a použitém médiu. Experimentálně jsme testovali trubicí o průměru 6 mm a délce 15 cm ve školních

podmínkách. Umístili jsme ji mezi dva kalorimetry. Každý z nich obsahoval 100 ml vody. Počáteční teploty byly 15 °C a 79 °C. Časový průběh teplot v kalorimetrech je na obr. 4.

Z naměřených údajů jsme vypočítali průměrný přenášený výkon 0,9 W/ °C. Na internetu [11], jsou uvedeny obdobné výsledky. U trubice větších rozměrů se samospádovým návratem kapaliny autor uvedeného článku naměřil podle podmínek 0,3 W/ °C až 0,7 W/ °C. Více např. [8], [9], [10], [11]

Obr. 4 **Závislost teploty vody v kalorimetrech na čase**



Dosahování nízkých teplot.

Zajímavou skupinou fyzikálních dějů tvoří takové, při kterých nastává prudká změna teploty. Běžně se žák setká s uvolněním tepla při exotermních reakcích. S opačným jevem se prakticky nesetká. Přesto lze snadno takové děje demonstrovat.

Nejsnazší je dosažení poklesu teploty rozpouštěním solí ve vodě. Velmi účinnou je směs dusičnanu draselného a chloridu amonného ve stejném hmotnostním poměru s vodou (1 : 1 : 1). Tabulky [2] uvádějí ochlazení o 40 °C. Vzhledem k velkým tepelným kapacitám nádob, ve kterých lze rozpouštět reálné množství solí, je pokles teploty menší. Uvedené chemikálie jsou neškodné a dají se koupit v drogerii s pultovým prodejem. Dusičnan draselný se prodává pod komerčním názvem sanitr (také sanytr). Používá se jako rychlosůl při přípravě masa k uzení, také však při domácí výrobě stělného prachu. Chlorid amonný je na trhu pod názvem salmiak a používá se při pájení k chemickému čištění povrchu spojovaných kovů.

Výraznějšího poklesu teploty dosáhneme rozpouštěním solí v drceném ledu. Stačí si připomenout definici nulového bodu v Fahrenheitově teplotní stupnici jako eutektického stavu vody, ledu a salmiaku; 0 °F = -17,8 °C. Smícháním kuchyňské soli s ledem (1 : 3) dosáhneme až -20 °C. Při rozpouštění chloridu draselného se dostaneme ještě níž, až na teplotu -30 °C. Chlorid draselný se dá koupit jako průmyslové hnojivo pod názvem draselná sůl. V obchodě je buď označena jako 60 %, pak jde o čistý KCl, nebo jako 40 %, a pak jde o směs KCl, NaCl případně dalších látek. Roztoky solí po skončení demonstrace necháme zpětně odpařit v širší kádince nebo misce. Vzniklé krystalky rozdrtíme v porcelánové misce a použijeme pro další demonstraci. Více např. [12], [13], [14].

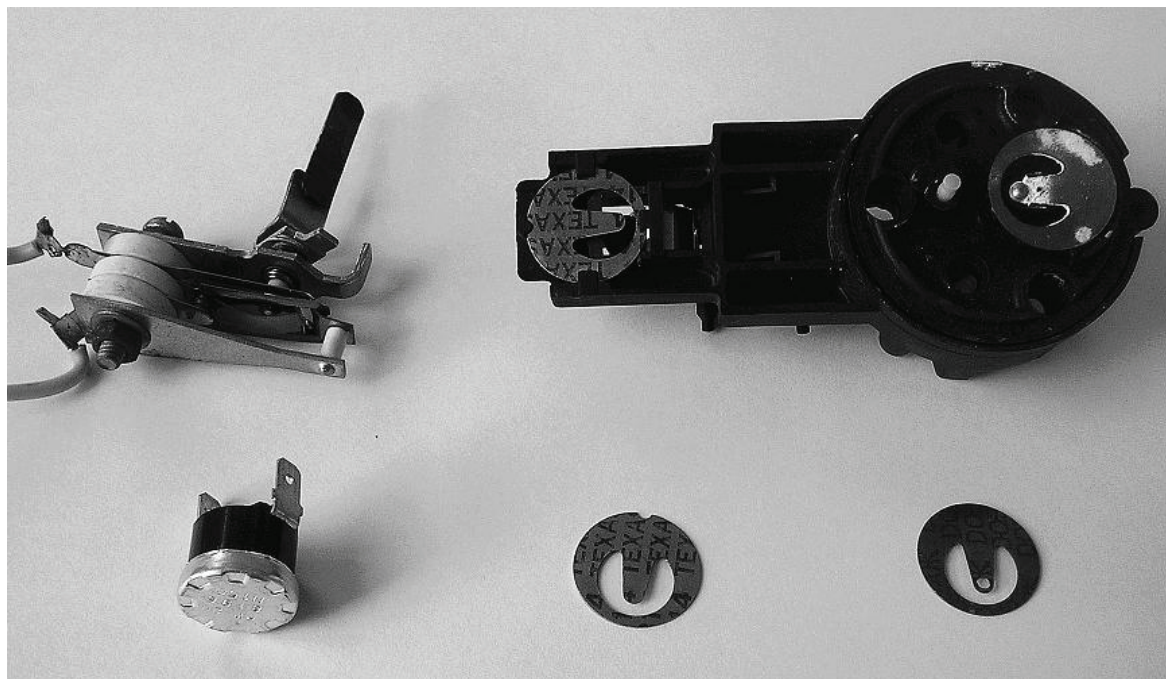
Chceme-li předvést rekordně nízké teploty, použijeme tuhý CO₂. Ten sublimuje za normálního tlaku při teplotě -78 °C. Připravíme si jej ze sifonových bombiček. Sifonová bombička obsahuje okolo 7 g CO₂. Jestliže ho vypustíme pomocí sifonové hlavy do mikrotenového sáčku, dostaneme několik desetin gramu tuhého CO₂. Výtěžnost lze zvýšit, ochladíme-li bombičky před vypuštěním v mrazáku.

Změny rozměrů těles s teplotou

Vždy, pokud to jen trochu možné, je dobré uvádět praktické aplikace jevů, o kterých hovoříme. Takovým hezkým příkladem jsou různé způsoby využití délkové roztažnosti látek. Třeba vypínací systém varné konvice. Obsahuje dva bimetalové kroužky uložené obvykle v držadle, v dolní části konvice. Jeden nastavený na teplotu cca 65 °C a druhý na 130 °C. První vypíná konvici, když se na něm začne kondenzovat vodní pára vzniklá varem vody, druhý vypne topnou spirálu při přehřátí. K tomu dochází při zapnutí konvice bez vody. Kroužek je prohnutý do tvaru plochého kloboučku. Při zahřívání v něm vzniká silové napětí, které při určité hodnotě způsobí skokové překlopení kloboučku na druhou stranu. Při tom se vypne vypínač konvice. Ze staré nefunkční konvice vyjmeme tyto kotoučky a položíme na zahřívanou podložku (plech). Při zahřátí na danou teplotu se prudce překlopí, dojde k nárazu na podložku a kroužek se vymrští do výšky. Po několika sekundách se dostatečně ochladí a opět s vymrštěním se klobouček překlopí zpět. Více [4].

Někdy chceme žáky pobavit. Můžeme jim ukázat snadno vysvětlitelný fyzikální jev a uvést jeho zcela nesmyslné fyzikální vysvětlení. Aniž by je bylo třeba pobízet, sami se pustí do diskuze a uvedou správné řešení problému. Jedním takovým experimentem je „Vážení tepla“. Hliníkovou tyč (trubku) provrtáme uprostřed, malinko nad těžištěm. Trubku zavěsíme otáčivě na stojan. Jako osu otáčení použijeme špendlík se skleněnou hlavičkou zapíchnutý do korkového špuntu. Tyč zaujme vodorovnou polohu. Pak na jedné straně zahříváme a doprovodíme komentářem: „Teplota, které dodáme tyči, zvýší energii

částic a tím vzroste jejich hmotnost. Proto zahřívání rameno je těžší a klesá dolů.“ Názorně zahřejeme opačné rameno, které po chvilce také převáží na svou stranu. Je samozřejmé, že správné, ale méně poetické je jiné vysvětlení. Zahřátím se hliníková tyč prodlouží, její těžiště se posune a tyč zaujme novou stabilní polohu s těžištěm pod bodem zavěšení.



Obr. 5: Bimetalové spínače a ukázka bimetalových kroužků.

II. Několik námětů na laboratorní práce

1) Kalorimetr jako tepelně izolovaná soustava

Zařazení: Laboratorní, případně frontální práce v tématu teplo a tepelná výměna na ZŠ

Cíl práce: Seznámit žáky s významem kalorimetru a jeho užitím.

Pozn.: Každý žák (případně skupina) má svůj kalorimetr, nejlépe co nejrozličnějších typů. Necháme žáky vyrobit vlastní, např. podle návodu z článku. Někdo dostane termosku, někdo termohrníček, jiný jen v sobě vložené dvě kádinky. Někdo použije neizolovanou nádobu. Záleží na fantazii dětí a učitele. Pak učitel každému žákovi odměří do kádinky 150 ml horké vody o teplotě $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $70\text{ }^{\circ}\text{C}$, nejlépe z varné konvice. Obvykle stačí jedna varná konvice, kterou průběžně doléváme a dohříváme. Počítejme s tím, že v běžné konvici o výkonu 2 kW se 1 litr vody ohřeje o $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ asi za dvě minuty. Dál žáci postupují podle návodu, který mají k dispozici. Minutovou prodlevu na počátku měření děláme proto, aby se stačila vyhřát vnitřní část kalorimetru a další pokles teploty byl způsoben jen unikáním tepla do okolí. Již v průběhu měření si žáci připravují a postupně sestavují graf. Učitel doporučí vhodnou velikost jednotky na osách a připomene zásady sestavování grafů. V závěru porovnáme kvalitu jednotlivých kalorimetrů podle poklesu teploty.

Pomůcky: Kalorimetr, kádinka 250 ml, teploměr, hodinky, horká voda, milimetrový papír.

Postup: 1) Připravte si kalorimetr. Zasuňte teploměr do víčka a zkontrolujte, že při uzavření se nebude teploměr dotýkat dna kalorimetru.

2) Do kádinky nalijte 150 ml horké vody, určete její počáteční teplotu t_p , kterou zapíšete.

3) Přelijte vodu do kalorimetru, uzavřete ho víčkem s teploměrem a počkejte asi 1 minutu. Od této chvíle budete měřit teplotu vody v kalorimetru každých 5 minut a zapisovat do tabulky. První teplota t_0 zanesená do tabulky je právě ta, která byla zjištěna po první minutě. Před každým měřením vždy vodu promíchejte opatrným krouživým pohybem kalorimetru. Teplotu určujte co nejpřesněji, nejméně na půl stupně Celsia.

4) Již během měření si připravte na milimetrový papír osy pro kreslení grafu. Na vodorovnou osu budete vynášet čas a na svislou teplotu. Postupně zakreslujte body s naměřenými hodnotami tak, abyste mohli sestavit graf závislosti teploty vody na čase hned, jak skončíte měření.

Tabulka:

Čas τ (min)	0	5	10	15	20	25	30
Teplota t (°C)							

Úkoly:

Vysvětlete, proč se počáteční teplota vody v kalorimetru t_0 (první údaj v tabulce) liší od teploty vody t_p v kádince.

Jaký je rozdíl teplot $t_0 - t_p$?

Na co se spotřebovalo teplo, které odevzdala voda při tomto ochlazení?

Vysvětlete, proč klesá teplota vody v kalorimetru.

Zapište, jak se změnila teplota vody ve vašem kalorimetru za dobu měření.

Bude klesat teplota stále, nebo se její pokles zastaví? Pokud ano, na jaké teplotě?

Na čem závisí rychlost klesání teploty a jak lze ověřit správnost vyslovených tvrzení?

Porovnejte vámi zkoumaný kalorimetr s jinými typy, které zkoumali spolužáci.

Co musí splňovat dobrý kalorimetr? Jak by se dal vylepšit ten, se kterým pracujete?

Jaký kalorimetr je nejlepší?

V případě dostatku času lze doplnit i početními úlohami. Např.:

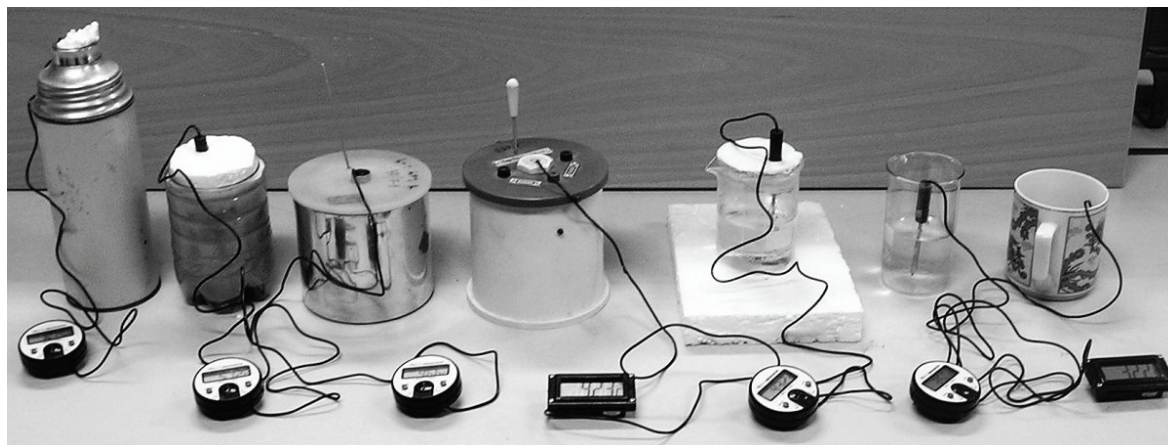
Určete pokles teploty za prvních 5 min a za posledních 5 min měření.

Určete teplo, které bylo potřeba na ohřátí vody k vašemu měření. Vodu jsme brali z vodovodu, kde má voda teplotu 15 °C.

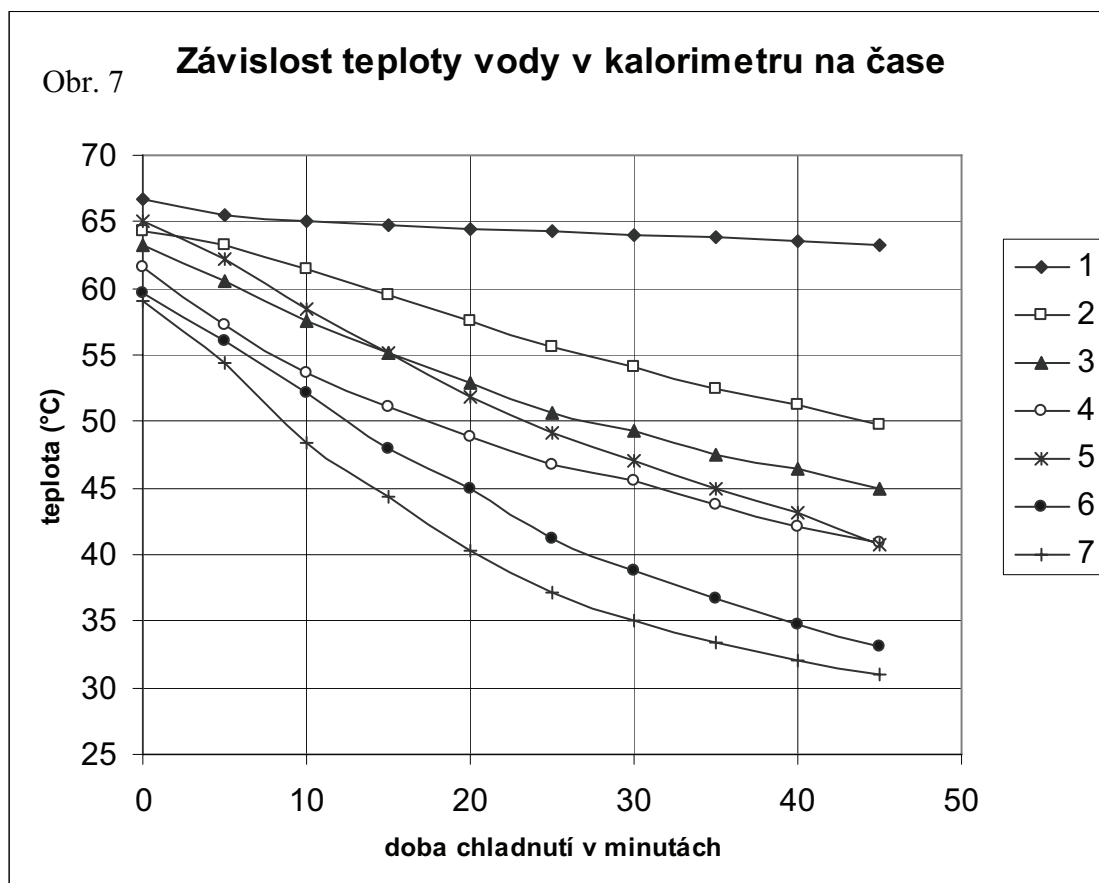
Určete teplo, které uniklo z kalorimetru za 20 minut (za dobu měření).

Pozn.: Pro názornost uvádím vlastnosti několika tepelně izolovaných nádob použitelných jako kalorimetr při školních pokusech. Do každého z nich bylo nalito 150 ml vody o počáteční teplotě 72°C. Po jedné minutě od nalití vody se začal měřit čas a byla každých 5 minut zaznamenána teplota měřená digitálním teploměrem. Citlivost použitých teploměrů je 0,1°C, přesnost 1°C. Teplota místnosti byla 23°C.

- 1 - Termoska
- 2 - Kalorimetr vlastní výroby podle návodu v úvodu článku
- 3 - Kovový dvojité kalorimetr dodávaný jako učební pomůcka
- 4 - Plastový dvojité kalorimetr dodávaný jako učební pomůcka
- 5 - Uzavřená kádinka 250 ml na polystyrénové podložce
- 6 - Otevřená kádinka 250 ml na stole
- 7 - Porcelánový hrnek na čaj o objemu 350 ml



Obr. 6: Použité kalorimetry při měření závislosti teploty na čase. Číslo odpovídá pořadí zleva doprava.



Z grafů jednoznačně vyplývá, že nejlepším kalorimetrem je podle očekávání skleněná termoska. Za prvních 45 minut měření klesla teplota vody uvnitř jen o 4,5°C. Hned na druhém místě je pak vlastnoručně vyrobený kalorimetr

2) Změny skupenství, teplota tání

Zařazení: Laboratorní práce v tématu změny skupenství látek na ZŠ

Cíl: Zkoumání dějů v oblasti změny skupenství látek, tvorba a formulování vlastních závěrů. Práce s tabulkami, porovnávání tabulkových hodnot s hodnotami získanými experimentálně.

Pomůcky: Naftalen v uzavřené zkumavce, parafín ve zkumavce, thiosíran sodný, teploměr do 90°C, stojan se třemi držáky, 2 kádinky 250 ml, drcený led, NaCl, špejle na míchání vody, umělohmotná lžička, Fyzikální a chemické tabulky.

1) Změny skupenství krystalické látky

Zkumavku s naftalenem opatrně pomalu zahřívejte v horkém vzduchu nad plamenem lihového kahanu. Pozorujte změny skupenství (tání, sublimace, vypařování, desublimace, kondenzace, tuhnutí a var) při zahřívání naftalenu v uzavřené zkumavce. Jakmile naftalen dosáhne varu, zahřívání přerušte. Zkumavku odložte ve svislé poloze do kádinky

V tabulkách nalezněte a запиšte teploty tání a varu naftalenu.

Mohli bychom roztavit naftalen ve zkumavce, kterou ponoříme jen do horké vody?

Jak poznáte var?

Co se děje s vypařeným naftalenem?

Jakým symbolem se označují jedovaté látky? Patří mezi ně naftalen?

Pozn.: Zkumavky s naftalenem máme trvale připraveny. Používáme malé zkumavky o průměru 1 cm a délce 10 cm. Velikost není rozhodně kritická. Obsah naftalenu je asi 1 cm³. Zkumavky jsou uzavřeny korkovou zátkou a přes rok uskladněny v plastovém kbelíku, který se dá neprodyšně uzavřít plastovým víkem. Naftalen je sublimující látka a intenzivně zapáchá. Samotná zátka nesmí být příliš těsná. Musí při zahřívání zkumavky umožnit únik vzduchu. Zkumavky nejsou uzavřeny vzduchotěsně a musíme počítat s tím, že malé množství každý rok vysublimuje ven. Zkumavku máme upevněnu v jednoduchém držáku z kolíčku na prádlo šikmo asi pod úhlem 45°. Držák nastavíme tak, aby zkumavka byla několik cm nad plamenem lihového kahanu, jen v proudu horkého vzduchu. Na počátku, když dáme dětem zkumavky do ruky, upozorníme je na rozložení naftalenu uvnitř. Část je ve ztuhlém tavenině na dně, část v jemných drobných krystalcích na stěnách. Krystalky vznikly sublimací a zpětnou desublimací ztuhlého naftalenu při uskladnění zkumavek. Pokud mírně zahříváme jemný naftalenový prach na vnitřní stěně zkumavky, dochází k jeho sublimaci a v místě zahřívání mizí. Při intenzivnějším zahřívání, kdy se zkumavka zahřeje nad teplotu tání naftalenu, se uvnitř objeví kapalina. Na stěnách zkumavky kondenzuje vypařený naftalen a stéká dolů. Dále zkumavku zahříváme jen v dolní části až k varu. Vhodnými tabulkami jsou [1]. Pracujeme s nejvyšší opatrností, naftalen je velmi hořlavá látka.

Bod tání naftalenu je 80,5 °C, bod varu 218 °C za normálního tlaku.

Označení naftalenu:   , což znamená vysoce hořlavý a zdraví škodlivý.

Označení jedovatých látek :   toxický

2) Změna objemu látky při změně skupenství

Ve zkumavce nechejte roztavit a opět ztuhnout parafín. Zahřívejte pomalu, jen v horkém vzduchu nad plamenem. Ne přímo plamenem. Při tuhnutí odstavte zkumavku do svislé polohy a nehybejte s ní. Pozorujte změny objemu parafínu při změně skupenství.

Jaký je tvar povrchu ztuhlého parafínu? Zdůvodněte!

Pozn.: Zkumavky mohou být libovolné, parafinem, který v nich máme trvale uložen, je plníme asi do jedné třetiny. Poměrně čistý parafín získáme z nízkých svíček do domácích odpařovačů na vonné látky, případně z jiných svíček. Zkumavku při zahřívání je dobré mít trochu šikmo, aby nebyl zahříván jen dolní konec. Rozhodně je dobré se do ní nedívat. Parafín při tání zvětšuje objem a mohl by zpod ztuhlé hladiny vystříknout.

3) Teplotní změny při rozpouštění soli

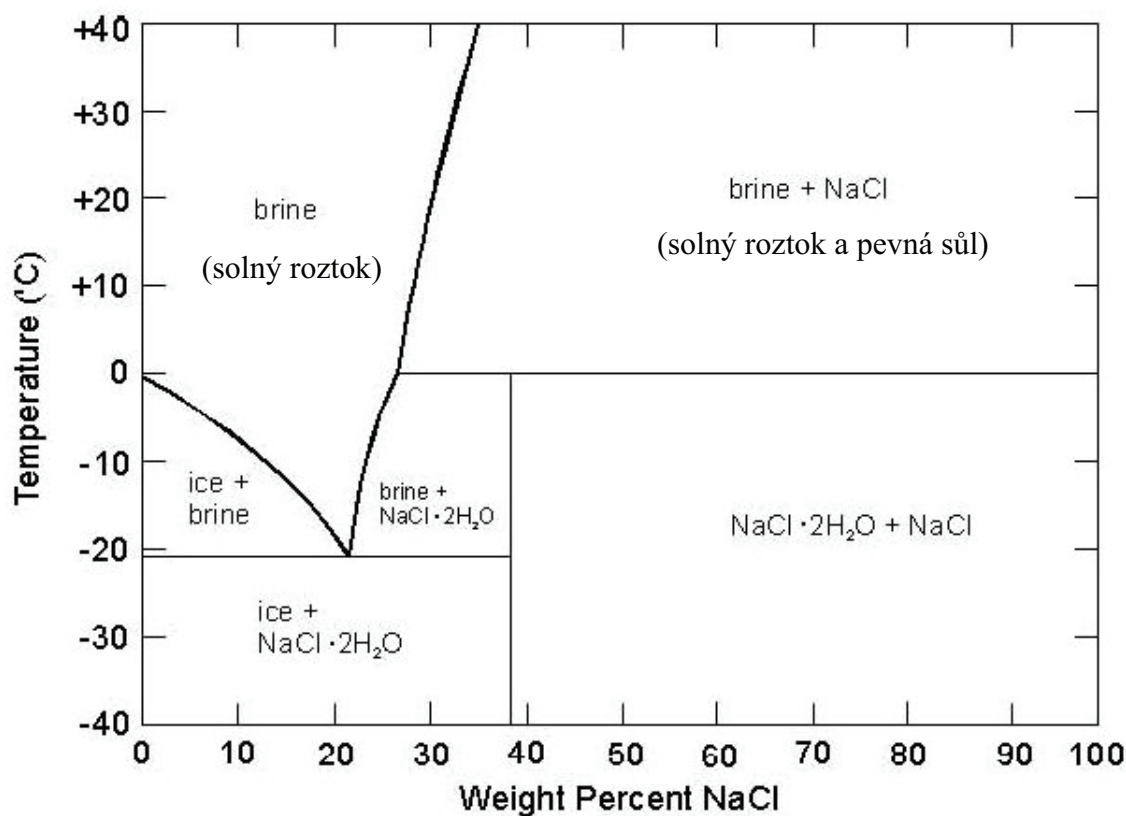
Kádinku 250 ml zaplňte asi do třetiny jemně drceným tajícím ledem. Změřte jeho teplotu. Pak přidejte asi dvě lžice kuchyňské soli, promíchejte umělohmotnou lžičkou a průběžně měřte teplotu. Popište děj, který nastal. Po ukončení práce vylijte slanou vodu i se zbytky ledu do společné zásobní plastové lahve. Všechny pomůcky dobře opláchněte tekoucí vodou a utřete dosucha.

Jaká byla teplota tajícího ledu?

Jaká byla asi teplota kuchyňské soli před nasypáním do ledu?

Jaké nejnižší teploty jste dosáhli?

Pozn.: Led vytvoříme ve výparníku ledničky nebo v mrazáku zmrazením vody v plastových nádobách. Lze použít i PET láhve naplněné vodou. Při potřebě ledu je rozřízneme a led vyloupneme. Na drcení ledu si připravíme silnější dřevěnou podložku, pevnější kus látky a těžší předmět (paličku, kladivo, kilogramové závaží nebo něco podobného). Led zabalíme do látky, aby se nerozletoval, a ráznými údery drtíme. K zabalení ledu dobře poslouží nohavice od starých kalhot. Led sypeme do kbelíku, odkud si jej žáci nabírají. Slaný roztok po dosycení použijeme k demonstracím, kde potřebujeme kapalinu vyšší hustoty než voda. Hustota nasyceného roztoku NaCl při 20°C je 1200 kg.m⁻³. Viz [1]. Složení mrazicích směsí naleznete např. v [2] nebo ve [12].



Obr. 8: Fázový diagram pro solný roztok ve vodě, led a sůl. Převzato z [12]. Na vodorovné ose je podíl hmotnosti NaCl v soustavě v procentech.

4) Určení bodu tání krystalické látky.

Na stojan upevníte do držáku se čtyřmi prsty vysokou kádinku 250 ml, do které dejte asi 150 ml vody. Upevníte ji tak, aby byla asi 4 cm nad knotem lihového kahanu. Do malého držáku přichyťte teploměr tak, aby zasahoval do vody, ale nedotýkal se dna kádinky. Do dalšího držáku upevníte zkumavku s thiosíranem sodným a teploměrem. Na stojanu máte tedy tři držáky. Teploměr je volně vložen do zkumavky a lehce zabořen do krystalků thiosíranu. Vodní lázeň zahřívejte za stálého míchání dřevěnou špejlí, měřte její teplotu a teplotu thiosíranu ve zkumavce po každé půlminutě. Sestrojte pečlivě graf závislosti teploty na čase a z tabulky (grafu) určete teplotu tání thiosíranu sodného. Měření ukončete, až když se thiosíran zahřeje na 60 °C. Po ukončení měření vylijte thiosíran ze zkumavky do plastové misky. Zkumavku i teploměr dobře omyjte pod tekoucí vodou.

Tabulka pro naměřené hodnoty:

τ (min)	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	...
t_{vody} (°C)										
$t_{\text{thiosíranu}}$ (°C)										

Zapište vzorec thiosíranu sodného. Nalezněte v tabulkách nebo na internetu bod tání thiosíranu. Porovnejte teplotu tání určenou měřením s tabulkovou hodnotou

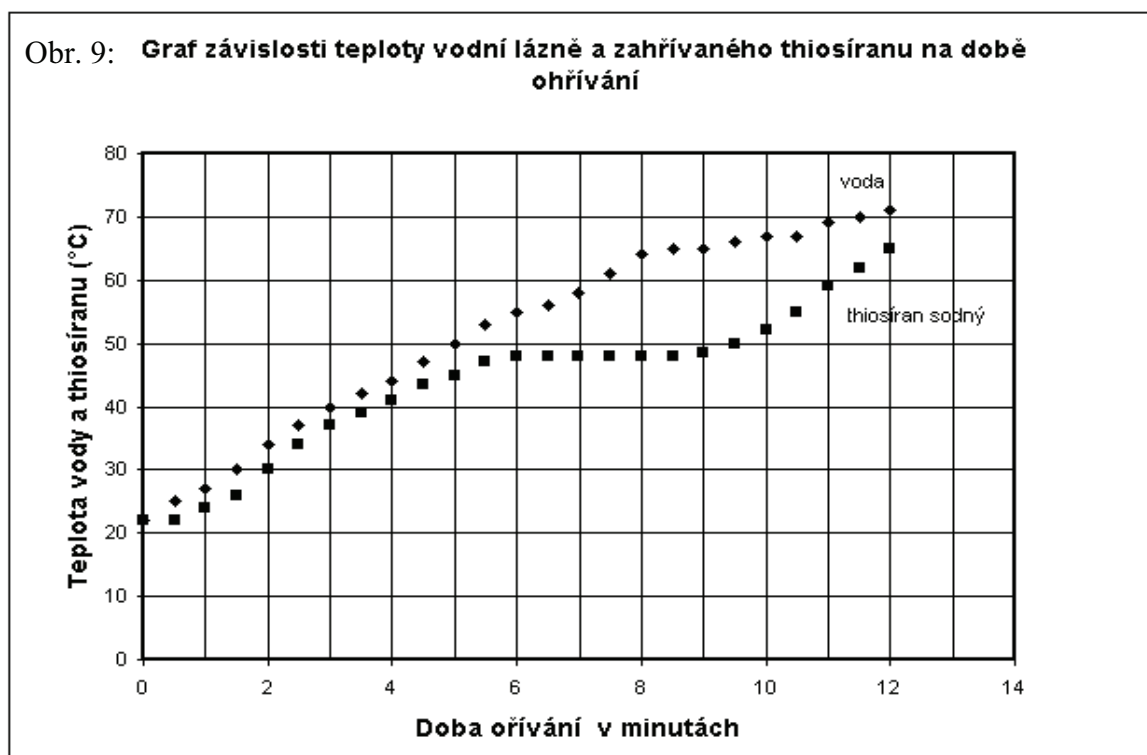
Závěr: Námi naměřená teplota tání thiosíranu sodného je °C.

Pozn. Na stojanu potřebujeme tři držáky. Jeden drží kádinku, druhý teploměr a třetí zkumavku s druhým teploměrem. Zkumavky používáme o průměru 16 mm a délce 18 cm. Vylitý thiosíran po ztuhnutí a vychladnutí rozdrtíme v porcelánové misce tloučkem a vsypeme zpět do zásobní láhve. Jde o krystalickou látku, která váže vodu. Na suchém vzduchu a při zahřívání krystalickou vodu ztrácí a zvětrává. Projevuje se to rozpadem krystalků na bílý prášek. Je dobré po rozdrcení a vsypání do lahve přidat trochu destilované vody a dobře promíchat. Chemicky je thiosíran sodný $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ s bodem tání $48,5^\circ\text{C}$ (při této teplotě uvolní krystalickou vodu a rozpustí se v ní).

Příklad naměřených hodnot a graf závislosti teploty na čase: (žákovské měření)

τ (min)	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
$t_{\text{vody}} (^\circ\text{C})$	22	25	27	30	34	37	40	42	44	47	50	53	55
$t_{\text{thiosíranu}} (^\circ\text{C})$	22	22	24	26	30	34	37	39	41	44	45	47	48

τ (min)	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	11	11	12	12	
$t_{\text{vody}} (^\circ\text{C})$	56	58	61	64	65	65	66	67	67	69	70	71	
$t_{\text{thiosíranu}} (^\circ\text{C})$	48	48	48	48	48	49	50	52	55	59	62	65	



3) Teplotní objemová roztažnost vody

Pomůcky: Zkumavka o délce cca 15 cm, gumová zátka s otvorem pro kapiláru, kapilára o vnitřním průměru asi 3 mm a délce 15 cm, váhy, vysoká kádinka 1000 ml, pravítko, trn, posuvné měřítko, láhev od Becherovky 1l naplněná barevnou kapalinou se zátkou a kapilárou.

A) Pozorování změn objemu při změnách teploty

Litrovou skleněnou láhev zcela naplňte obarvenou vodou z vodovodu a uzavřete zátkou, kterou prochází kapilára. Zátka zatlačte tak, aby hladina vody byla asi v polovině kapiláry. Pak láhev ponořte do kbelíku s teplou vodou. Popište a vysvětlete děj, který pozorujete. Porovnejte teplotní součinitele objemové roztažnosti skla a vody.

Pozn.: Jestliže ponoříme chladnou láhev s kapalinou do teplé vody, nejprve se zahřeje sklo láhve a tím se zvětší její objem. Proto hladina vody v kapiláře poklesne. Pak se začne od zahřáté láhve zahřívat voda uvnitř, a hladina se bude mnohem rychleji zvedat, až voda začne vytékat kapilárou ven. Pro litrovou láhev s vodou postačí kapilára s vnitřním průměrem okolo 3 mm, aby pokles hladiny činil několik cm.

B) Určení součinitele teplotní objemové roztažnosti vody.

- 1) Změřte pomocí trnu a posuvného měřítka vnitřní průměr kapiláry d .
- 2) Zvažte prázdnou suchou zkumavku se zátkou s kapilárou, hmotnost označte m_1 .
- 3) Do zkumavky nalijte destilovanou vodu o teplotě t_1 . Zkumavku uzavřete zátkou s kapilárou. Kapilára do zkumavky zasahuje jen několik mm, hladina vody v kapiláře je malý kousek nad úrovní zátky a uvnitř zkumavky nezůstala žádná bublina vzduchu.
- 4) Zvažte zkumavku se zátkou s kapilárou a s vodou, hmotnost označte m_2 .
- 5) V tabulkách vyhledejte hustotu vody ρ při teplotě t_1 a vypočítejte objem V_1 vody ve zkumavce.
- 6) Lihovým fixem si na kapiláře udělejte značku, kam sahá hladina vody.
- 7) Do velké kádinky natočte horkou vodu z vodovodu. Zkumavku celou ponořte do teplé vodní lázně, počkejte aspoň 5 minut na ustálení teploty, až voda v kapiláře přestane stoupat. Poznačte si opět fixem, kde je nyní hladina vody a změřte teplotu vody t_2 ve vodní lázni.
- 8) Změřte vzdálenost l , o kterou vystoupí voda v kapiláře. Z naměřených hodnot vypočítejte změnu objemu vody ΔV .
- 9) Odvoďte vztah umožňující výpočet součinitele teplotní objemové roztažnosti vody β z naměřených hodnot. Porovnejte vypočtený β s tabulkovou hodnotou, uveďte přesnost měření a určete nejzávažnější zdroje možných chyb.

d (mm)	m_1 (g)	t_1 (°C)	m_2 (g)	ρ (kg/m ³)	V_1 (cm ³)	t_2 (°C)	l (mm)	ΔV (mm ³)	β (K ⁻¹)

Pozn.: Vnitřní průměr kapiláry měříme pomocí trnu. Trnem je pro tyto účely tenká kuželovitá tyčinka. Vynikající pro tento účel jsou jazýčky ze starých rovnoramenných vah. V nouzi postačí v plameni vytažená skleněná trubička. Trn lehce zasuneme do otvoru trubičky. Označíme na něm místo, kde se zadrhl o vnitřní stěny trubičky, a změříme posuvným měřítkem průměr trnu v tomto místě.

Všechna vážení provádíme na digitálních vahách s přesností nejméně na 0,1g, ale lépe na 0,01 g. Původní teplota vody je pokojovou teplotou a se žáky diskutujeme právě přesnost určení této teploty. Teplou vodu z vodovodu necháme chvíli téci, aby žáci měli k použití vodu teplou aspoň 55 °C.

Teplotní součinitel objemové roztažnosti vody $\beta_{20} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$. Teplotní součinitel objemové roztažnosti skla je $2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Při stejných změnách teploty jsou změny objemu skleněné nádoby o dva řády menší než změny objemu vody v ní. Při běžných úkonech zahřívání vody ve skleněné nádobě lze roztažnost skla zanedbat, protože chyba takto vzniklá je obvykle pod úrovní přesnosti měření. Tabulkové údaje jsou jen přibližné, neznáme přesné vlastnosti skla, nevíme, o jaké sklo jde. β_{20} pro vodu je také v různých tabulkách uváděna různě. Pro srovnání: v [2] je uvedena hodnota $\beta_{20} = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ v [3] $\beta_{20} = 2,07 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$. Je nevýhodou, že právě voda má jednu z nejmenších hodnot součinitele β . Stejně malou má už jen rtuť ($\beta_{20} = 1,816 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$), zatímco např. etanol má $\beta_{20} = 1,10 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$, jak svorně uvádějí [2] i [3], což je asi pětikrát více než pro vodu. Voda je však naprosto bezpečná. Používáme destilovanou vodu, která má jen minimum rozpuštěných plynů a netvoří při zahřívání bublinky.

Žáci pro své výpočty použijí vztahy:

$$V_1 = \frac{m_2 - m_1}{\rho} \quad \Delta V = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot l}{4} \quad \beta = \frac{\Delta V}{V_1 \cdot (t_2 - t_1)} = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot l \cdot \rho}{4 \cdot (t_2 - t_1) \cdot (m_2 - m_1)}$$

Příklad naměřených hodnot žákem při laboratorní práci:

d (mm)	m_1 (g)	t_1 (°C)	m_2 (g)	ρ (kg/m ³)	V_1 (cm ³)	t_2 (°C)	l (mm)	ΔV (mm ³)	$\beta \cdot 10^4$ (K ⁻¹)
2,36	31,44	21	67,12	998	35,75	52	58	254	2,3

Výsledek dobře koresponduje s výše uvedenou tabulkovou hodnotou.

Další informace a náměty na laboratorní práce naleznete na: <http://fyzika.gymnachod.cz>.

Literatura

- [1] Mikulčák J., Charvát J., Macháček M., Zemánek F.: *Tabulky a vzorce pro střední školy*. Prométheus Praha 2003
- [2] Mikulčák J. a spol.: *Matematické, fyzikální a chemické tabulky*. SPN Praha 1969
- [3] Brož J., Voskovec V., Valouch M.: *Fyzikální a matematické tabulky*. SNTL Praha 1980
- [4] Hrdý J.: *Tajemství varné konvice*. In: Sborník z konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 6, Olomouc 2001
- [5] Polák Z.: *Teplo v experimentech*. In: Sborník z konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 10, Praha 2005
- [6] <http://lukepage.wz.cz/hardware/cooling.htm>
- [7] http://www.hw.cz/docs/peltier/peltiery_1.html
- [8] <http://www.cheresources.com/htpipes.shtml>
- [9] <http://si.vega.cz/clanky/vytapeni-priprava-teple-uzitkove-vody/novinka-regulus-kotle-kolektory/>
- [10] http://mek.kosmo.cz/pil_lety/usa/sts/sts-29/exp.htm
- [11] http://www.benchtest.com/heat_pipe1.html
- [12] http://www.ucalgary.ca/~kmuldrew/cryo_course/cryo_chap6_1.pdf
- [13] <http://www.scienceworld.cz/sw.nsf/page/chemie>
- [14] http://www.agrokrom.cz/texty/HNOJENI/skripta_Richter/seznam_vyziva_a_hnojeni_rostlin_skriptum_cast.pdf

Bavíme fyzikou

Zdeněk Rakušan

Gymnázium a Střední pedagogická škola v Liberci

Abstrakt

Umíš postavit vajíčko na špičku? Viděls už někdy nehořlavý papír? Co myslíš, může tvé vlastní tělo fungovat jako baterie? Chceš se naučit vyrábět děravé obláčky dýmu? ...a jiné „fyzikální“ drobnosti, jimiž lze pobavit.

Úvod

Následující pokusy jsou vhodné k nenásilnému, a přitom smysluplnému využití různých „hluchých“ míst ve vyučování, jako jsou suplované hodiny, výuka po uzavření klasifikace apod., dále pro zájmové kroužky, školní akademie, dny otevřených dveří atd. Především se ale hodí k zařazování do běžné výuky fyziky na školách všech stupňů.

Autorkou pokusu „*Dokážeš ohnout tužku pomocí plechovky do tvaru písmene U, a nezломit ji při tom?*“ je Tereza Zavadilová, žákyně Masarykovy základní školy ve Velké Bystřici. Všechny ostatní pokusy jsou převzaty z literatury uvedené v závěru příspěvku.

Přehled pokusů

Nástin každého pokusu obsahuje název pokusu, který jsem se snažil – zajisté ne vždy se mi to podařilo – formulovat tak, aby vzbuzoval v dětech zvědavost a touhu něco nového si vyzkoušet či aby je podnítil k přemýšlení. Popis a vysvětlení pokusu jsem zpravidla maximálně zestručnil. Pokusy jsou rozděleny do oddílů v souladu s tradičním členěním učiva fyziky na základní škole a do pododdílů podle toho, o jaký typ úkolu zadaného žákovi se jedná.

1 POHYBY A SÍLY

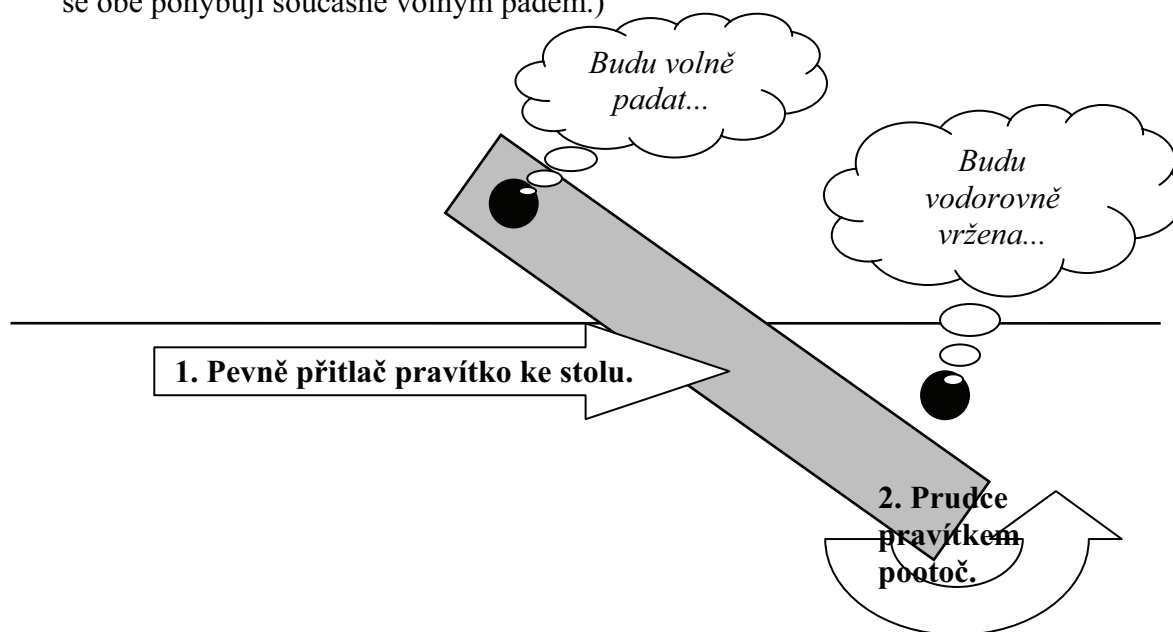
1a) Vysvětli demonstrováný jev

- ***Není ta krabička nějaká divná?*** Krabička přesahuje více než $\frac{1}{2}$ své délky přes okraj stolu, a přece nepřepadne. Jak je to možné? (Vysvětlení: těžiště krabičky neleží uprostřed – v jedné stěně krabičky jsou vlepené desetikoruny.)
- ***Opravdu platí zákon zachování energie?*** Necháš pingpongový míček volně spadnout na zem. Vyskočí do výšky výrazně menší, než z jaké padal. Když jej však necháš padat současně s „hopíkem“ („hopík“ bude pod pingpongovým míčkem), vyskočí mnohem výš, než odkud padal. (Vysvětlení: pingpongový míček dostane při odrazu část pohybové energie „hopíku“.)
- ***Jak to ten pták dělá, že se opírá jen o zobák?*** Sestavíš „ptáka“ z korkové zátky („tělo“), dvou stejných nožů („křídla“) a kusu špejle, kterou upevníš v zátce („zobák“). Nože je při tom třeba zapíchnout do zátky tak, aby těžiště „ptáka“ bylo přesně na konci „zobáku“. (Tento pokyn je současně vysvětlením pokusu.) Díky tomu pak můžeš „ptáka“ opřít např. o okraj stolu o „zobák“.

- **Že nedokážeš rozmáčknout vejce jednou rukou?!** Chytneš-li vejce např. tak, že prsty budou tlačit na jeho špičku a dlaň na jeho spodek, vejce pravděpodobně nerozmáčkneš. (Vysvětlení: děje se tak díky rozkladu tvé síly na klenbě vejce.)
- **Tipni si, udrží papírový kapesník úder kladiva?** Špulku od toaletního papíru pomocí gumičky uzavřeš na jedné straně papírovým kapesníkem a dovnitř nasypeš rýži. Když pak z druhé strany do rýže udeříš kladivem, kapesník se neprotrhne. (Vysvětlení: energie předaná kladivem rýži se díky tření mezi jejími zrnky „poztrácí“.)
- **Chceš si vyzkoušet, jak tě klame hmat?** Zavaž si oči a potěžkej dvě tělesa, která ti dají. Jedno máš položené na dlani, druhé držíš za provázek. Které je „těžší“? (Vysvětlení: obě tělesa jsou stejná. „Těžší“ ti asi bude připadat těleso, které držíš za provázek, protože vyvíjí větší tlak na tvoji ruku.)

1b) Předpověz výsledek pokusu a ověř správnost své předpovědi jeho provedením

- **Která cesta dolů je rychlejší?** Dvě stejné matičky začnou ve stejný okamžik a ze stejné výšky padat ze stolu na zem. Jedna však poletí dolů obloukem a druhá svisle. Docílíš toho pomocí krátkého pravítka (viz obrázek¹). V jakém pořadí dopadnou na zem? Anebo dopadnou současně? (Výsledek: dopadnou současně, neboť ve svislém směru se obě pohybují současně volným pádem.)



- **Zůstane těžiště na svém místě?** Máš drát a položíš si ho na prst tak, aby byl co nejlépe vyvážený. Místo, kde se drát opírá o prst, si označíš fixem. Potom drát ohneš do tvaru písmene L. Bude drát stále stejně dobře vyvážený právě v tom místě, které sis označil? (Výsledek: ne, ohnutím části drátu dolů se těžiště celého drátu výrazně posune.)

1c) Navrhni řešení nastoleného problému, proved' je a podej jeho vysvětlení

- **Dokážeš dostat minci do sklenice, aniž by ses jí dotkl?** Vezmi papírový prstenec a polož ho na hrdlo sklenice. Nahoru na prstenec polož minci. Tvým úkolem je dostat

¹ Za tuto techniku, jak uvést matičky do pohybu, která je mnohem spolehlivější, a přitom výrazně jednodušší než můj původní postup, děkuji jednomu z účastníků dílny.

minci do sklenice, a nedotknout se jí při tom. (Řešení: stačí prudce s prstencem trhnout. Mince zůstane díky setrvačnosti nad otvorem a volně do něj spadne.)

- ***Jak bys nejšikovněji našel prostředek dlouhé tyče?*** (Řešení: můžeš si položit tyč na dva prsty a pak prsty posouvat k sobě. Mezi prsty a tyčí bude vznikat střídavě smykové a klidové tření a prsty se setkají přesně pod těžištěm tyče.)

2 MECHANICKÉ VLASTNOSTI KAPALIN A PLYNŮ

2a) Vysvětli demonstrováný jev

- ***Jak vznikají děravé obláčky dýmu?*** Přes uříznutý vršek PET láhve přetáhneš kus igelitového sáčku a zajistíš gumičkou. Dovnitř napustíš co nejvíc dýmu ze svíčky. Když pak namíříš hrdlo láhve proti tmavému pozadí a lehce cvrkněš do igelitu, vyletí z hrdla prstenec dýmu. (Vysvětlení: v místě, kde se láhev zužuje, dochází k výraznému urychlení vzduchu opouštějícího láhev a vzniká při tom turbulence – vzdušný vír, který se zviditelní kouřem.)
- ***Nech explodovat podmořskou sopku!*** Do okurkové láhve naplněné studenou vodou spustíš malou lahvičku obsahující horkou vodu obarvenou např. hypermanganem. Obarvená voda bude proudit vzhůru. (Vysvětlení: šíření tepla prouděním.)
- ***Proč ta mince na láhvi poskakuje?*** Na silně nasliněné hrdlo láhve polož minci a chytni láhev oběma rukama. Mince začne „poskakovat“. (Vysvětlení: teplem z tvých dlaní se vzduch uvnitř láhve zahřívá, rozpíná a zpod mince uniká z láhve ven.)
- ***Viděls už někdy svíčku, která dokáže sama sebe polít vodou?*** Do hlubšího talíře, v jehož prostředku je upevněna svíčka, naliješ vodu. Zapálíš svíčku a postavíš na ni obrácenou baňku. Za chvíli vnikne do baňky voda a svíčka zhasne. (Vysvětlení: vzduch uvnitř baňky se napřed ohřívá, rozpíná a uniká ven. Pak se začal v důsledku skomírání plamene svíčky naopak ochlazovat a smršťovat. Uvnitř baňky tak vznikl podtlak a vnější atmosférická tlaková síla vtlačila do baňky vodu.)
- ***Kdo ty sklenice spojil?*** Do jedné sklenice od zavařeniny upevníš zapálenou svíčku. Na vršek sklenice položíš navlhčené kolečko s dírou (vystřižené např. z pijáku), a přiklopíš druhou sklenicí. Okraje sklenic musejí být přesně na sobě a vrchní sklenici ke spodní je třeba silně přitlačit, aby nevznikla žádná mezera. Poté, co svíčka zhasne, se sklenice k sobě „přilepí“. (Vysvětlení: uvnitř sklenic vznikl v důsledku zchlazení vzduchu podtlak a vnější atmosférická tlaková síla tlačí sklenice k sobě.)

2b) Předpověz výsledek pokusu a ověř správnost své předpovědi jeho provedením

- ***Přehoupne se, nebo ne?*** Vezmi prkýnko, tužku a lepicí pásku a vyrob houpačku. Na každou stranu houpačky postav pohárek s vodou. Vyvaž pohárky tak, aby se houpačka přehoupala působením i velmi malé síly. Stane se něco, když vnoříš prst do horního pohárku? (Výsledek: ano, houpačka se přehoupne. Příčinou toho je reakce na vztakovou sílu, která působí na vnořený prst.) A ještě bonusová otázka: co se stane, budou-li pohárky naplněny až po okraj? (Při vnoření prstu do jednoho z nich část vody oteče...)
- ***Co myslíš, co udělá pingpongový míček, když na něj foukneš trychtýřem?*** (Výsledek: díky podtlaku vzniklému prouděním vzduchu kolem míčku bude míček držet poměrně velkou silou uvnitř trychtýře.)

2c) Navrhni řešení nastoleného problému, proved' je a podej jeho vysvětlení

- **Doprav minci do talíře, ale nesahej na ni.** Před talířkem leží mince. Umíš ji dopravit do talíře, aniž se jí dotkneš? (Řešení: fouknout nad minci. Mince se díky podtlaku vzniklému nad ní vznese a vletí do talířku.)

3 SVĚTELNÉ JEVY

3a) Vysvětli demonstrováný jev

- **Kdy se dá říct o vodní hladině, že je jako zrcadlo?** Vedle okurkové láhve, která je asi do poloviny zaplněna vodou, postavíš svíčku. Podíváš-li se na hladinu vody zespodu, uvidíš v ní svíčku jako v zrcadle. (Vysvětlení: úplný odraz světla svíčky od hladiny.)
- **Umí světlo zatáčet?** Do černého kelímku smotáš průhlednou plastovou hadičku. Jeden konec hadičky necháš dírkou ve stěně kelímku trčet ven. Když pak do něj posvítíš laserovým ukazovátkem, světlo bude ve stěnách hadičky „zatáčet“. (Vysvětlení: úplné odrazy světla od stěn trubičky.)
- **Vyzkoušej si, jak se dělají animované filmy!** Máš dvě slepená papírová kolečka, mezi nimi je nit. Na jednom kolečku je nakreslená např. myš, na druhém kolečku např. klec. Když kolečka pomocí niti roztočíš, oko uvidí oba obrázky současně, tj. myš v kleci. (Vysvětlení: setrvačnost oka.)
- **Kde se ta mince vzala?** Vložíš do hrnku minci a díváš se dovnitř tak, abys minci přes okraj hrnku neviděl. (Okraj mince by měl být z tvého pohledu přesně za okrajem hrnku.) Když pak naliješ do hrnku vodu, mince se posune, a ty ji proto uvidíš. (Vysvětlení: zdánlivé posunutí je způsobeno lomem světla odraženého od mince.)

3b) Předpověz výsledek pokusu a ověř správnost své předpovědi jeho provedením

- **Dali by Žižkovi řidičák?** Zkus se trefit mincí do sklenice, a mít při tom jedno oko zavřené! Jak ti to půjde? (Výsledek: jde to velmi špatně, protože jediné obě oči nám umožňují prostorové vidění.)

3c) Navrhni řešení nastoleného problému, proved' je a podej jeho vysvětlení

- **Vyrob si lupu z obyčejného sklíčka!** (Řešení: stačí kápnout na sklíčko vodu; kapka se bude chovat jako čočka.)
- **Dokážeš ohnout tužku pomocí plechovky do tvaru písmene U, a nezломit ji při tom?** (Řešení: stačí použít plechovku jako vypuklé zrcadlo...)
- **Můžeme vidět svíčku, jak hoří pod vodou?** Máš okurkovou sklenici s vodou a před ní hořící svíčku. Může svíčka hořet uvnitř sklenice pod hladinou vody? (Řešení: mezi svíčku a sklenici umístit skleněnou desku. Skrz sklo vidíme sklenici a současně se od něj odráží světlo z hořící svíčky.)
- **Zaříd', aby se nesbíhaly ani nerozbíhaly!** Máš hladkou lesklou plechovku (např. od mandarinkového kompotu). Nakresli na papír pod plechovkou tři rovné čáry tak, aby je plechovka zobrazila vzájemně rovnoběžné! (Řešení: plechovka se při tomto pokusu chová jako vypuklé zrcadlo. Čáry pak musejí vycházet z jediného společného bodu – ohniska zrcadla, ležícího za vypuklou plochou.)

4 TEPELNÉ JEVY

4a) Vysvětli demonstrováný jev

- ***Jak to, že plamen zmizel, aniž svíčka zhasla?*** Kus drátu omotáš několikrát např. kolem tužky a zase ho z ní sundáš. Vzniklou spirálu pak nasadíš na plamen svíčky, a ten téměř přestane svítit. Svíčka však hořet nepřestane. (Vysvětlení: drátem odvádíme z plamene svíčky teplo.)
- ***Jak je možné, že ten papír nehoří?*** Kovovou tyčku ovineš pruhem papíru. Umístíš-li ji nad svíčku, papír nechytne. (Vysvětlení: tyčka odvádí z papíru teplo.)

4b) Předpověz výsledek pokusu a ověř správnost své předpovědi jeho provedením

- ***Jak vypadá plamen svíčky uvnitř? Je plný, nebo dutý?*** Snadno to zjistíš tak, že jej na okamžik přikryješ sklem. (Výsledek: uvnitř je plamen „dutý“. Díky špatnému přístupu kyslíku tu páry vosku téměř nehoří, pouze proudí vzhůru.)
- ***Co myslíš, co udržíš déle: hořící zápalku, nebo padesátník, který necháš „olizovat“ jejím plamenem?*** (Výsledek: padesátník díky velmi dobré tepelné vodivosti kovů začne pálit mnohem dřív, než sirka uhoří a její plamen se přiblíží k tvým prstům.)

4c) Navrhni řešení nastoleného problému, proved' je a podej jeho vysvětlení

- ***Dokážeš znovu přivést k varu vodu, která se již přestala vařit, aniž ji budeš zahřívát?*** Naber do injekční stříkačky trochu vařící vody. Zařid', aby se zase začala vařit! (Řešení: povytažením pístu stříkačky vytvoříš nad hladinou vody podtlak, takže se voda začne znovu vařit.²)

5 ELEKTRINA

5a) Vysvětli demonstrováný jev

- ***Co myslíš, může tvé vlastní tělo fungovat jako „baterie“?*** Potřebuješ k tomu dva různé kovy, např. měděný a železný hřebík. Když je chytneš tak, aby se vzájemně nedotýkaly (nejlépe do každé ruky jeden), můžeš mezi nimi naměřit malé napětí. (Vysvětlení: sestavili jsme galvanický článek. Hřebíky fungují jako elektrody; jako elektrolyt slouží roztoky různých solí a jiné látky obsažené v pokožce tvých rukou.)
- ***Jak to, že se točí, aniž se ho dotýkáš?*** Do hrdla láhve upevníš korkovou zátku, z níž svisle vzhůru trčí velmi dlouhý hřebík. Na hřebík nasadíš obrácenou sklenici a na její dno položíš zelektrovanou tyč. Když se pak k tyči přiblížíš rukou, tyč se k ní bude přitahovat. (Vysvětlení: díky elektrostatické indukci má ruka opačný náboj než tyč.)
- ***Pro co se ten míček stále vrací?*** První plechovku postavíš na kus polystyrenu a druhou přímo na stůl. Mezi plechovky zavěšíš pingpongový míček začerněný tuhou. Když první plechovku elektricky nabiješ, míček se k ní přitáhne. Vzápětí se od ní odpudí a přitáhne se k druhé plechovce. Děj se bude několikrát opakovat. (Vysvětlení: první plechovka je izolovaná, druhá plechovka uzemněná. První plechovku jsme elektricky nabili. Míček, na který díky vrstvě tuhy – dobrého vodiče – působí poměrně velké

² Má reakce na pochybnost nejednoho z účastníků dílny: zřejmě opravdu půjde o var, a ne jen o bublinky vzduchu obsaženého ve vodě; voda se krátce předtím vařila v konvici a vzduch z ní při tom unikl.

elektrické síly, přenáší elektrický náboj z první do druhé plechovky tak dlouho, až bude izolovaná plechovka „prázdná“.)

- **Zmizela gravitace?** Když potřeš nafouknutý balónek kožešinou, tak bude poměrně dlouho držet např. na stropě. (Vysvětlení: když balónek elektricky nabiješ a přiblížíš jej ke stěně, bude se povrch stěny polarizovat a začne se chovat jako nabitý opačným nábojem než balónek.)

6 ZVUKOVÉ JEVY

6a) Vysvětlí demonstrováný jev

- **Může obyčejná polévková lžice zvonit jako kostelní zvony?** Přivážeš lžici na kus nitě. Druhý konec nitě si omotáš kolem prstu a prst zastrčíš do ucha. Když se pak volně visící lžice odrazí od nějakého předmětu, uslyšíš zvuk podobný zvuku zvonů. (Vysvětlení: zvuk ze lžice se bude napjatou nití a prstem šířit do tvého ucha. A protože provázek jakožto pevná látka je mnohem lepším vodičem zvuku než vzduch, uslyšíš zvuk vydávaný lžicí velice silně. Kromě toho ti možná bude připadat dunivý. Provázek totiž vede mnohem lépe tóny hluboké než vysoké.³)

6c) Navrhni řešení nastoleného problému, proved' je a podej jeho vysvětlení

- **Zviditelní zvuk!** Když udeříš do ladičky, rozezníš ji. Zviditelní jev, díky němuž ladička vydává zvuk! (Řešení: můžeš např. ponořit část znějící ladičky do vody. Bude tak velmi dobře vidět, že ladička kmitá.)

7 JINÁ TÉMATA

7a) Vysvětlí demonstrováný jev

- **Co se stane s kapesníkem, když ho zapálíš?** Poliješ látkový kapesník směsí vody a lihu a zapálíš jej. Kapesník bude hořet, ale neshoří. (Vysvětlení: bude hořet pouze líh, kapesník se díky vodě nevznítí.)
- **Jak to, že ty rozinky tančí?** Do sklenice naliješ vodu a do ní nasypeš rozinky. Potom do vody nasypeš jedlou sodu a naliješ trochu octa. Anebo místo vody se sodou a octem použiješ vodu syčenou CO₂ (tj. limonádu či minerálku). Rozinky budou cestovat k hladině a zpět. (Vysvětlení: na rozinkách ulpívají bubliny CO₂ a nadnášejí je. Na hladině však bubliny zanikají a samotné rozinky klesají zpátky na dno.)
- **Jak piják rozezná kyselé a zásadité?** Nastříháš piják a proužky vymáčáš v odvaru z červeného zelí. Poté, co uschnou, je můžeš použít místo lakmusového papíru. (Vysvětlení: listy zelí obsahují červené barvivo, jehož barva se v kyselém, resp. zásaditém prostředí změní.)
- **Vyzkoušej zbrusu nový způsob pohonu lodí – jarem!** Jednoduchou „lodičku“, vystřiženou např. z kousku polystyrenu, položíš na hladinu vody. Potom pomocí špejle kápneš za loďku jar. Loďka se dá prudce do pohybu. (Vysvětlení: jar prudce zmenší povrchové napětí vody, což narušilo dosavadní rovnováhu sil působících na loďku.)

³ Děkuji za výraznou pomoc s tímto vysvětlením.

7b) Předpověz výsledek pokusu a ověř správnost své předpovědi jeho provedením

- **Kolik mincí se vejde do kelímku plného vody?** Máš malý kelímek plný vody. Co myslíš, kolik mincí můžeš do kelímku vhodit, aniž voda přeteče? (Výsledek: možná se ti jich tam podaří vhodit opravdu nečekaně hodně. Hladina se totiž díky povrchovému napětí vyklene. Napomůže tomu jistě i přilnavost vody k okraji kelímku.)

8 DVA BONUSY – VYROB SI SÁM

- **Vyrob si frkačku.** Ustříhneš část brčka, nůžkami ji zploštíš a sestříhneš do špičky. Vzniknou tím dva jazýčky. Když pak tento konec brčka vložíš do úst a foukneš, ozve se díky rozkmitání jazýčků velice silný zvuk.
- **Chceš se naučit kreslit prostorové obrázky – stereogramy?** Stačí ti tužka, pravítko a čtverečkovaný papír! Mezi dvěma stejnými obrázky musí být vzdálenost asi 6 cm. Ovšem mezi těmi částmi obrázků, které mají vytvořit zdánlivý objekt vznášející se nad papírem, by měla být vzdálenost asi o 0,5 cm menší. A chceme-li naopak, aby se objekt jevil pod papírem, musí být vzdálenost mezi těmito částmi obrázků asi o 0,5 cm větší. Při pozorování stereogramu musí každé oko sledovat pouze jemu určený z dvojice obrázků. Jak toho dosáhnout? Umístíš mezi své oči a obrázek např. natažený prostředníkem a ukazovák jedné ruky (jako když přísaháš). Potom aniž s prsty hýbeš, pozoruješ obrázek střídavě pouze levým a pouze pravým okem. Díky prstům bys měl vidět pravý obrázek pouze pravým okem a levý pouze levým okem. A když potom – až budeš mít prsty umístěné přesně tak, jak potřebuješ – otevřeš obě oči naráz, uvidíš obrázek prostorově.

Závěr

Tento příspěvek přináší jen velmi omezený výběr zábavných fyzikálních pokusů prováděných s jednoduchými pomůckami. Pokusů tohoto druhu však existuje téměř nespočetně; doporučuji čerpat z níže uvedené literatury. A závěrem chci dodat, že tyto pokusy nemusejí být pouhou ozdobou školské fyziky, jen něčím zábavným „navíc“, ale že jsou především velmi cenným materiálem vhodným i pro tu nejběžnější výuku fyziky na školách všech stupňů. Například – jedna z mých vlastních zkušeností – ilustrace výuky na téma Bernoulliho rovnice pokusem „*Doprav minci do talíře, ale nesahej na ni!*“ byla studenty gymnázia přijata s velkým zájmem. Jsem tedy přesvědčen, že uplatňování takovýchto námětů při výuce může výrazně napomoci tomu, aby fyzika konečně přestala být v očích mnoha žáků nudnou abstraktní vědou oddělenou od reálného života.

Literatura

ARDLEY, N. *Moje kniha pokusů. Světlo*. Bratislava: Vydavatelství Champagne avantgarde, 1992./9

45 lehkých pokusů pro malé debrujaře 1 od profesora Scientifixe. Praha: Asociace malých debrujařů ČR, 1993.

41 lehkých pokusů pro malé debrujaře 2 od profesora Scientifixe. Praha: Asociace malých debrujařů ČR, 1993.

40 lehkých pokusů pro malé debrujaře 3 od profesora Scientifixe. Praha: Asociace malých debrujařů ČR, 1993.

49 lehkých pokusů pro malé debrujaře 4 od profesora Scientifixe. Praha: Asociace malých debrujařů ČR, 1993.

ERHART, J. *Jednoduché pokusy a demonstrace ve fyzice na základní a střední škole.* [Nevydané skriptum.] Liberec: Technická univerzita, katedra fyziky FP, 1995.

Hrajeme si s fyzikou. Klobouky u Brna: ZŠ Klobouky u Brna, 1997.

Heureka! 38 pokusů pro malé debrujaře. Praha: Asociace malých debrujařů ČR, 2002.

LORBEER, G. C. *Fyzikální pokusy pro děti.* Praha: Portál, 1998.

ÖVEGES, J. *Fyzikální kratochvíle.* Praha: Státní nakladatelství dětské knihy, 1965.

Pokusy pro malé debrujaře 2. Praha: Asociace malých debrujařů ČR, 1995.

Pokusy pro malé debrujaře 3. Praha: Asociace malých debrujařů ČR, 2000.

ROJKO, M. *Hrajeme si a přemýšlíme.* 2002.

SVOBODA, E. *Pokusy z fyziky s jednoduchými pomůckami.* Praha: Prometheus, 1995.

Fyzika v lékařství

Jaroslav Reichl

Střední průmyslová škola sdělovací techniky Panská 3, Praha 1

Abstrakt

Příspěvek obsahuje fyzikální pohled na běžně používané lékařské přístroje. Kromě základního seznámení se s přístroji může příspěvek sloužit i jako inspirace pro další fyzikální rozbor lékařských přístrojů v rámci fyzikálního semináře nebo kroužku.

Pár slov úvodem ...

Každý z nás patrně již nejméně jednou byl u lékaře. Ne každý má ovšem myšlenky na zkoumání lékařských přístrojů, když má velkou horečku, bolesti hlavy, bolesti zubů, zlomenou končetinu či jiné zranění. Lékařské přístroje jsou ovšem zajímavé nejen proto, že pomohou lékaři diagnostikovat stav pacienta, ale i z fyzikálního hlediska. Některé z těchto přístrojů najdete popsány v následujícím textu.

U každého přístroje jsem se pokusil popsat jeho princip. Vysvětlení principu činnosti daného přístroje ovšem není zdaleka úplné. Tento text by měl spíše sloužit jako návod k dalšímu bádání, k náplni fyzikálních seminářů, ... Kromě fyzikálního popisu přístroje a návodu na jeho obsluhu jsou u některých z nich uvedeny otázky. Ty slouží k ujasnění si fyzikálního děje, na základě kterého přístroj funguje, k námětům na práci s přístroji v hodině fyziky, k otázkám nebo referátům pro studenty, ...

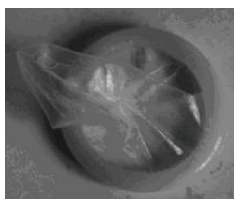
Ačkoliv je řada z přístrojů zde popsaných běžně dostupná v maloobchodní síti, nemají v žádném případě suplovat vyšetření pacienta lékařem a následné lékařovy rady. Přístroje slouží pacientům ke zjištění jejich aktuálního zdravotního stavu, na základě kterého pak pacient může (se souhlasem a doporučením lékaře!) měnit aktuální dávkování léků (snižující tlak krve, redukující množství cukru v krvi, ...).

Fyzika v lékařství

Prezervativ

Fyzikální jevy: třecí síla, pružnost a pevnost, deformace těles, pohyb molekul

Prezervativ je v současné uspěchané době více než nutnou zdravotnickou pomůckou. Nejen že zabraňuje nechtěnému těhotenství u žen, které teprve poznávají partnera a spolu s ním pronikají do tajů lásky a sexu, ale také oba (jak muže, tak ženu) chrání před řadou chorob, které se přenáší právě pohlavním stykem.



Nepoužitý prezervativ je srolovaný tak, že je z něj na první pohled vidět „čepička“. Ta slouží jako rezervoár pro zachycení semene po sexuálním vyvrcholení. Další zajímavostí z fyzikálního hlediska je rozbalování samotného prezervativu při nasazování na pohlavní úd. Prezervativ je nutné na úd přiložit správnou stranou, jinak bude jeho rozbalování na

údu velmi nepříjemné. Vnější strana prezervativu je pokryta lubrikačním gelem, který snižuje součinitel smykového tření mezi prezervativem a vnitřní částí těla partnerky (resp. partnera). Některé typy prezervativů navíc obsahují aroma s různou příchutí. Takové prezervativy po rozbalení voní - molekuly aromatických přísad se šíří z prezervativu vzduchem až do čichového ústrojí člověka.

Prezervativ je vhodný nejen jako právě popsaná lékařská pomůcka, ale též jako skvělá pomůcka při demonstraci různých fyzikálních jevů:

- závislost velikosti setrvačné odstředivé síly na frekvenci - kvalitativní experiment lze provést s rozbaleným prezervativem a malou kuličkou, kterou do něho vložíme. Pak prezervativ uchopíme za silnější krček a roztočíme. S rostoucí frekvencí se bude prezervativ více napínat. Na kuličku působí setrvačná odstředivá síla, jejíž velikost s rostoucí frekvencí rotace roste. Experiment je nutné provádět opatrně, aby nedošlo ke zranění!
- pružnost a pevnost - prezervativ je vyroben z velmi pružné gumy (musí se dobře přizpůsobit různým velikostem pohlavních údů), která je ale přitom relativně pevná (musí vydržet poměrně značné namáhání ve smyku)
- důkaz existence atmosférické síly, pokusy s tlakem vzduchu - pro tyto experimenty je prezervativ výhodnější než poutový balónek. Běžný poutový balónek je totiž značně tuhý (zejména zpočátku), což klade zvýšené nároky na tlak vzduchu, kterým jej nafukujeme. Prezervativ lze nafouknout i vzduchem, jehož přetlak vůči atmosférickému tlaku je relativně malý.

V době tvoření rámcových vzdělávacích programů prezervativ poslouží jako spojovací článek mezi fyzikou a biologií, rodinnou výchovou, ... A v neposlední době touto pomůckou jistě zaujmeme i ty studenty, kteří zatím o fyziku nejevili přílišný zájem.

Teploměr klasický

Fyzikální jevy: tepelná výměna mezi tělesy, kalorimetrická rovnice, povrchové napětí kapalin, závislost vlastností kapalin na teplotě

Klasický teploměr se skládá ze zásobníku kapaliny, jejíž objem se v závislosti na teplotě mění. Ze zásobníku je vyvedena tenká skleněná kapilára, k níž přiléhá teploměrná stupnice. Druh kapaliny se volí s ohledem na použití teploměru - v lékařství převažují teploměry rtuťové.



Měření teploty pacienta se provádí většinou v podpaží po dobu pěti minut. Během měření dochází k tepelné výměně mezi teploměrem a tělem pacienta. Teploměr je konstruován tak, že reaguje na změny teploty zhruba od 35 °C do 42 °C. Tomu odpovídá průměr kapiláry a dělení teploměrné stupnice. Uvedených pět minut stačí na to, aby se vyrovnaly původně rozdílné teploty teploměru a těla pacienta. Při vyndání teploměru z podpaží je třeba zajistit, aby rtuťový sloupec v kapiláře samovolně neklesal. Teplota okolí pacientova těla je většinou jiná než teplota pacientova těla, a proto po vyjmutí teploměru z podpaží opět začíná probíhat tepelná výměna, která by údaj na teploměru zkreslila. Rtuť se ale díky konstrukci teploměru udrží v kapiláře v původní výšce. Kapilára, vycházející ze zásobníku se rtutí, je totiž v malé vzdálenosti od zásobníku zúžena. Toto zúžené místo brání samovolnému návratu rtuti zpět do zásobníku - rtuťový sloupec se v tomto místě při

poklesu teploty přerušit. Proto je nutné rtuťový teploměr (na rozdíl např. od lihového, který toto zúžené místo nemá) před dalším použitím „sklepat“.

Lihový teploměr je určen pro taková měření, při kterých obsluha teploměru jeho stupnici stále vidí.

Jakou měrnou tepelnou kapacitu mají dobré teploměry - relativně velkou nebo relativně malou? Vysvětlete proč.

Jakou vlastnost mají kapaliny, které se používají v kapalinových teploměrech?

Zásobník rtuti lékařského teploměru je možné považovat za válec o výšce 1,3 cm a poloměru 0,3 cm. Jaký musí být poloměr kapiláry, aby změně teploty o 2 °C odpovídala změna výšky rtuťového sloupce v kapiláře 1,5 cm? Součinitel teplotní objemové roztažnosti rtuti je $1,8 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$.

Teplota těles se zpočátku určovala podle tělesných pocitů, až začátkem začátku 17. století Galileo Galilei, slavný profesor univerzity v Padově v Itálii, využil tepelné roztažnosti vzduchu k měření teploty. Tento primitivní teploměr byl tvořen tenkou skleněnou trubičkou dlouhou asi 30 cm a zakončenou baňkou. Baňku zahřál rukou a „teploměr“ (říkalo se mu vzduchový termoskop) vložil otevřeným koncem trubičky do nádoby s obarvenou vodou. Chladnoucí vzduch zmenšoval svůj objem a vlivem tlaku okolního vzduchu na hladinu vody vnikala obarvená voda do trubičky. Po vychladnutí se teplota baňky vyrovnávala s teplotou okolního vzduchu a výška vodního sloupce v trubičce se měnila podle změn objemu vzduchu v baňce, který se měnil podle teploty vzduchu. Na rozdíl od dnešních teploměrů při oteplení hladina klesala a při ochlazení stoupala. Přístroj ještě neměl stupnici.

Na stanovení teplotní stupnice se podílel švédský astronom a fyzik Anders Celsius, který stanovil dva pevné body: 0 °C pro teplotu varu vody a 100 °C pro teplotu tání vody (obě teploty byly určeny při normálním tlaku vzduchu 101,325 kPa). Švédský přírodovědec Carl Linné stupnici později otočil, a proto je dnes bod tání vody 0 °C a bod jejího varu 100 °C (opět za normálního tlaku vzduchu).

Kromě Celsiovy stupnice, která je v praxi asi nejrozšířenější, a termodynamické teplotní stupnice, která se používá spíše v odborných aplikacích, existují další teplotní stupnice:

- Réaumurova teplotní stupnice - zavedl ji francouzský přírodovědec René Antoine Ferchault Réaumur, který bodu tuhnutí vody přiřadil teplotu 0 °R, bodu varu vody pak teplotu 80 °R. Převodní vztah mezi

Réaumurovou t_R a Celsiovou t_C teplotní stupnicí je: $\{t_R\} = \frac{4}{5}\{t_C\}$ resp. $\{t_C\} = \frac{5}{4}\{t_R\}$.

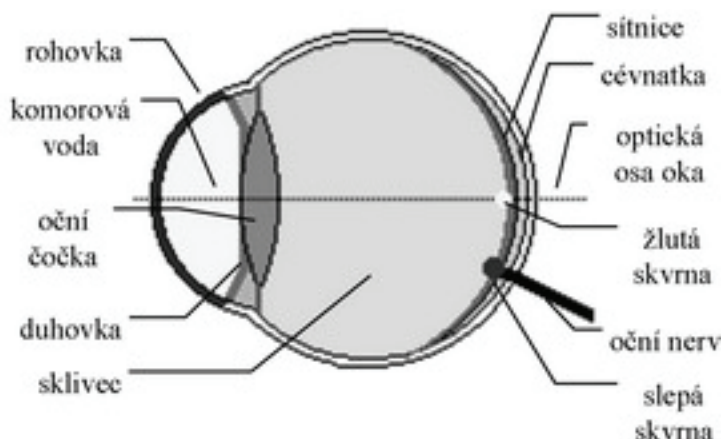
- Fahrenheitova teplotní stupnice - zavedl ji německý fyzik Daniel Gabriel Fahrenheit a jejími základními body jsou tepelný bod salmiaku smíšeného s ledem a ledovou vodou a teplota lidského těla. Při teplotě tání ledu se rtuť ustálila na třetině vzdálenosti obou bodů a stupnice byla rozdělena na 96 dílů. Bodu tání ledu odpovídá teplota 32 °F, bodu varu vody pak teplota 212 °F. Převodní vztah mezi Fahrenheitovou

t_F a Celsiovou t_C teplotní stupnicí je: $\{t_F\} = \frac{9}{5}\{t_C\} + 32$ resp. $\{t_C\} = \frac{5}{9}(\{t_F\} - 32)$.

Oko a brýle

Fyzikální jevy: oko, optické zobrazení čočkami

Lidské oko je velmi zajímavý orgán. A to nejen pro biologa, ale i pro fyzika. Zatímco biolog zkoumá, z jakých buněk je oko složeno, jakým způsobem buňky mezi sebou komunikují, jak jsou uspořádány, jaké enzymy ovlivňují činnost jednotlivých buněk a tedy i činnost celého oka, jaká je životnost buněk oka, jak ovlivňuje stárnutí chování buněk, jak se mění jejich chemické složení, ..., fyzik se zajímá o oko z jiného pohledu. Pro fyzika je oko nejjednodušší subjektivní optický přístroj, jehož základ tvoří spojná čočka s plynule měnitelnou ohniskovou vzdáleností.



Základní části lidského oka jsou:

- **OČNÍ KOULE (BULBUS OCULI)** - mírně asymetrická koule, jejíž sagitální průměr (průměr oční koule měřený v horizontální rovině procházející středem oka v předozadním směru) je asi 25 mm, transversální průměr je asi 24 mm. Hloubka přední komory, v níž je komorová voda, je 3,5 mm. Mezi komorovou vodou a čočkou je duhovka (iris), sloužící jako clona. Duhovka určuje barvu očí, která je dědičná a závisí na množství pigmentu i jeho uložení v duhovce. Její radiální a kruhová svalová vlákna dokážou měnit průměr otvoru - ZORNICE (zřítelnice, pupilla) v intervalu od 2 mm do 6 mm v závislosti na dopadajícím světelném toku. Nejčastější průměr zornice bývá 4 mm. Tvar oční koule je udržován tuhou bělimou a nitroočním tlakem (přetlakem) 2 kPa až 3 kPa. S věkem tento tlak mírně stoupá. Stálost nitroočního tlaku udržuje vyrovnaná produkce komorové vody. Pohyb oční koule zabezpečují 3 páry okoohybných svalů.
- **BĚLIMA (SCLERA)** - tuhá, vazivová blána tloušťky 0,3 mm až 1 mm, tvořící 80 % povrchu oční koule. V přední části přechází v průhlednou rohovku.
- **ROHOVKA (CORNEA)** - průhledná, ve svém středu 0,5 mm silná blána, jejíž průhlednost závisí na jejím stálém zvlhčování. Skládá se z více vrstev, z nichž každá je funkčně nepostradatelná. Rohovka je jedna z velmi citlivých součástí lidského těla. Již nepatrné podráždění cizím tělesem vede k tomu, že oči mhouříme a slzíme. To je způsobeno velkým množstvím nervů, které rohovka obsahuje. Světelný paprsek se po dopadu na ni nejvíce láme při své cestě na sítnici - jedná se totiž o první výrazně hustší prostředí (ve srovnání se vzduchem), kterým světelný paprsek prochází. Rohovka tak vlastně nejvíce ovlivňuje směr šíření světelného paprsku v optickém aparátu oka.
- **CÉVNATKA (CHOROIDEA)** - pigmentová vrstva, vyživující cévy na vnitřní stěně oční koule - tvoří 67 % její vnitřní zadní stěny. Zabraňuje rozptylu světelných paprsků uvnitř oka. Cévnatka vpředu pokračuje jako tzv. řasnaté těleso, jehož podkladem je drobný hladký sval. Od jeho okrajů vybíhají tenká vlákna připojující pouzdro čočky. Smrštěním svalu povolí tah vláken a čočka se vlastní pružností vyklene. Při uvolnění svalu se čočka zploští. Tím se mění její optická mohutnost a ohnisková vzdálenost.
- **ČOČKA (LENS CRYSTALLINA)** - nehomogenní těleso tvaru dvojvypuklé čočky z tuhé, rosolovité, dokonale průhledné hmoty. Je asi 4 mm silná, její povrchové části mají index lomu 1,38 a vnitřní části 1,41. Během života přibývají na čočce vrstvy, které s přibývajícím stářím tvrdnou a snižují akomodaci oka. Optická mohutnost samotné čočky je 18 D. Po šedém zákalu se vyjmutá čočka může nahradit spojkou o optické mohutnosti minimálně 15 D.
- **SÍTNICE (RETINA)** - vystýlá vnitřní povrch cévnatky; je silná 0,2 mm až 0,4 mm. Tvoří ji 11 vrstev. V sítnici je 1,2 milionu tyčinek a 5 až 7 milionů čípků; tyto buňky obsahují zrakový pigment rhodopsin. Tyčinky slouží k vnímání světla (jsou citlivé na jeho

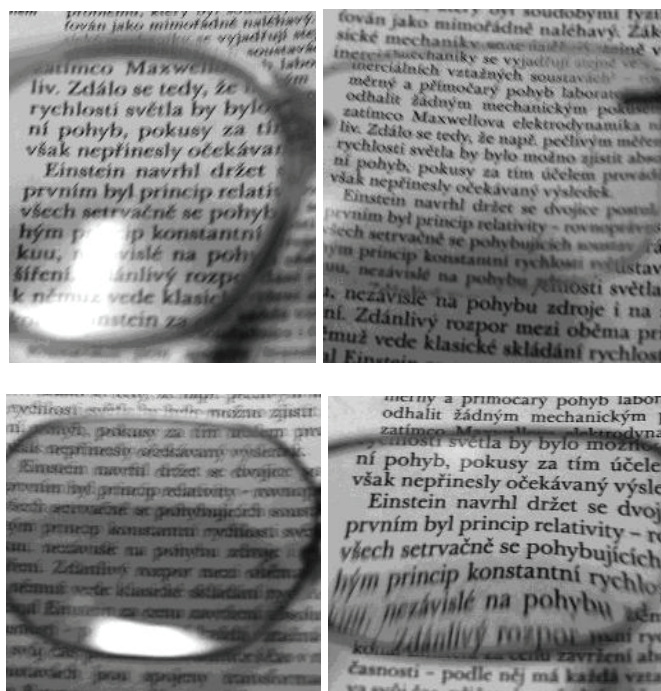
intenzitu) a citlivost jejich buněk je taková, že dokážou reagovat na dopad jednoho až dvou fotonů. Čípky jsou receptory barevného vidění a existují ve třech druzích podle pigmentu: červené, žluté a modré. Mícháním těchto tří základních barev dokáže oko rozlišit velké množství barevných odstínů. Ve světločivých buňkách dochází k jedinečnému jevu nazývanému TRANSDUKCE: energie světla se fotochemickými reakcemi přeměňuje na elektrické impulzy. Sítňice je citlivá na barevné světlo s vlnovou délkou 400 až 790 nm. Citlivost oka je největší při 555 nm (zelená barva). Poruchami barvocitu trpí asi 4 % lidí (9 % mužů a 0,4 % žen).

- ŽLUTÁ SKVRNA - místo nejostřejšího vidění, má průměr asi 1 mm. Převládají v ní čípky.
- SLEPÁ SKVRNA - místo bez čípků a tyčinek, kde zrakový nerv opouští oční kouli. Je asi 5 mm vzdálená od žluté skvrny.
- OČNÍ KOMORY - štěrbinovité prostory mezi rohovkou a duhovkou (přední komora) a duhovkou a čočkou (zadní komora). V nich cirkuluje komorová voda tvořená z krevní plazmy.
- SKLIVEC - gelová tkáň. Kromě jiného zachovává oku jeho tvar a dále slouží pro fixaci sítnice na cévnatce.
- OČNÍ NERV - párový senzorický mozkový nerv. Vede jednotlivé impulzy ze sítnice do mozku.

Brýle slouží ke korekci vad zraku, z nichž nejznámější jsou tyto refrakční vady:

- Krátkozrakost (myopie; z řeckého „zavřené oči“) - vzniká, když je optický aparát oka příliš silný vzhledem k délce očního bulbu. Světelné paprsky se pak sbíhají před sítnicí a vidění je rozostřené. Ke korekci krátkozrakosti, a tedy k docílení ostrého vidění se používají rozptylky, jejichž ohnisková vzdálenost i optická mohutnost je záporná.
- Dalekozrakost (hypermetropie) - vzniká tehdy, když je optický aparát oka vzhledem k délce očního bulbu slabý. Světelné paprsky se pak sbíhají za sítnicí a vidění je rozostřené. Ke korekci dalekozrakosti jsou používány spojky, ohnisková vzdálenost i optická mohutnost je kladná.
- Vetchozrakost (presbyopie, z řeckého „staré oko“) - vada, která vzniká na základě toho, že optický aparát lidského oka ztrácí s postupujícím věkem svoji elasticitu a tím i schopnost zaostření (hlavně na blízko). Pak nezbyvá než využít systému bifokálních skel vynalezených Benjaminem Franklinem. Bifokální čočka má v horní části vlastnost rozptylky, což umožňuje vidět na dálku, a ve spodní části vlastnost spojky, což umožňuje ostré vidění na blízko. Vetchozrakost postihuje každého člověka. První příznaky se mohou projevovat od 40. roku života.
- Astigmatismus - vada způsobená nepravidelným zakřivením oční rohovky nebo (ne tak často) oční čočky. Toto zakřivení způsobuje, že světelné paprsky dopadají na sítnici pod různým úhlem. Vidění je pak nejen neostré, nýbrž i deformované. Astigmatismus vzniká většinou již v dětství, velký význam u této vady má dědičnost. Ke korekci astigmatismu se používají speciálně vybroušené čočky: tzv. cylindrické či torické.

Pokud jde o tolik diskutovanou škodlivost počítačových a televizních obrazovek, nespočívá v přímém poškozování zraku, ale v odhalení a zdůraznění existujících skrytých vad, například astigmatismu nebo krátkozrakosti.



Na obrázcích jsou zobrazeny pohledy přes různé typy brýlových skel. Určete a zdůvodněte typ čočky těchto skel.

Stetoskop

Fyzikální jevy: šíření zvuku, tepelná výměna

Stetoskop je diagnostický přístroj, který slouží jako pomůcka při měření tlaku krve a dále pro diagnostiku fyziologie vnitřních orgánů. Kmitavý pohyb srdce, plic a dalších vnitřních orgánů je zdrojem akustických vln, které se šíří tělem pacienta. Pomocí stetoskopu dochází k „zesílení“ těchto akustických vln, které následně zpracovává ucho lékaře. Na základě zvuku, který lékař ve stetoskopu slyší, může snáze určit diagnózu.



Stetoskop se skládá z:

- lyry zakončené olivkami do uší
- spojovací hadičky - v provedení jako jednohadičkový nebo dvouhadičkový systém
- fonendoskopické hlavy - jednoduché nebo dvojité, která je zakončena membránou

Jediná nepříjemná věc při vyšetření stetoskopem, kterou pacient vnímá na těle, je chladný povrch membrány.

Je pravda, že stetoskop zesiluje zvuky např. srdce? Je toto tvrzení z fyzikálního hlediska správné? Vysvětlete.

Přiloží-li lékař membránu stetoskopu na tělo, cítí pacient na daném místě těla chlad. Vysvětlete proč.

Stetoskop vynalezl francouzský medik René Théophile Hyacinte Laennec v roce 1816, čímž učinil první důležitý krok k přesné diagnostice srdečních chorob. Za svůj vynález vděčí jednomu jedinému případu: díky své ostýchavosti se neodvážil položit své ucho na obnažené poprsí jedné pacientky. Aby mohl naslouchat tlukotu jejího srdce, vzal si jako pomůcku roličku srolovaného papíru. S překvapením zjistil, že tato trubice podstatně zesiluje zvuky. Svůj postup pak zdokonalil tak, že na rouru na obou koncích připevnil výplně.

Náhlavní zrcátko

Fyzikální jevy: šíření světla, zobrazení kulovým zrcadlem, princip dalekohledu

Náhlavní zrcátko je pomůcka, která slouží hlavně při vyšetřování uší. Při pohledu do zvukovodu ucha bez náhlavního zrcátka není možné provést kvalitní vyšetření, protože do zvukovodu nedopadá zvenčí mnoho světla. Dopadající světlo je zvukovodem pohlceno a jen malá část se ho odráží zpět do oka lékaře. Použití dalšího zdroje světla (lampička, baterka, ...) také není výhodné, protože při malém průměru otvoru ucha není možné, aby lékař do ucha svítil a zároveň se ze stejného směru díval. Proto lékař používá náhlavní zrcátko, které do zvukovodu ucha soustředí paprsky světla. Ty vycházejí ze zdroje, který se nachází za pacientem, aby jej neoslňoval, a po dopadu na zrcátko se odrážejí. Přitom vytvoří sbíhavý svazek paprsků, v jehož středu je poměrně velká intenzita světla. Toto světlo postačuje k osvětlení tmavých a běžným osvětlením těžko přístupným částí ucha.



Náhlavní zrcátko má v centrální části otvor, kterým lékař sleduje místo, kam dopadá sbíhavý svazek paprsků.

Pomocí této pomůcky lze studentům názorně objasnit např. složení astronomického dalekohledu. V něm je kromě hlavního dutého zrcadla umístěné i zrcadlo rovinné, které odráží paprsky, odražené od hlavního dutého zrcadla, do okuláru dalekohledu. Na obraze vytvořeném v oku astronoma (resp. na filmu či CCD prvku kamery či fotoaparátu) není vidět žádný stín odpovídající rovinnému zrcadlu.

Jaký typ zrcadla je použit v náhlavním zrcátku? Zdůvodněte.

Zubní zrcátko

Fyzikální jevy: zobrazení kulovým zrcadlem

Pro zjišťování kazů zubů na jejich vnitřní stěně používá lékař malé zrcátko. Obraz zubu (resp. zubu s kazem) vytvořený zrcátkem si prohlíží okem. Na základě tohoto jednoduchého vyšetření může lékař pacientovi ušetřit řadu nepříjemností, které by se vyskytly v případě neléčeného kazu zubu.



Jaký typ zrcátka zubní lékaři používají? Vysvětlete proč.

Rtuťový tonometr

Fyzikální jevy: starší fyzikální jednotky tlaku, hydrostatický tlak, přetlak, vyrovnání tlaků, proudění tekutin

Měření krevního tlaku může být přímé (zavedením kanyly do cévy) a nebo nepřímé (pomocí tlakové manžety). Lékaři rozlišují tyto tlaky:

- systolický tlak - nejvyšší tlak vznikající při systole komor
- diastolický tlak - nejnižší tlak vznikající při ochabnutí komor
- tepový tlak - rozdíl mezi systolickým a diastolickým tlakem
- střední tlak - geometrický průměr systolického a diastolického tlaku

Průměrné a doporučené hodnoty krevního tlaku jsou 120/80 („sto dvacet na osmdesát“), což (vyjádřeno pomocí starších jednotek tlaku) znamená 120 mm rtuťového sloupce (resp. 80 mm rtuťového sloupce). S rostoucí vzdáleností tepen od srdce roste jejich odpor. V žilách je nízký tlak a jejich stěny jsou velmi poddajné; žilní tlak stoupá s rostoucím objemem krve.

Rtuťový tonometr (tlakoměr) krve patří mezi nejpřesnější měřicí přístroje, kterými je možné nepřímou metodou měřit tlak krve. Krevní tlak je totiž dobrým indikátorem stavu kardiovaskulárního systému.

Přístroj se skládá z:

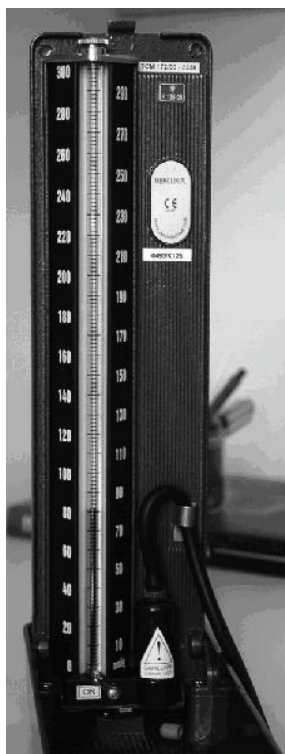
- rtuťového manometru
- nafukovacího systému - manžeta, balónek s vypouštěcím ventilem a hadičky

K měření tlaku pomocí rtuťového manometru je nutný ještě i stetoskop, pomocí kterého lékař určí okamžik odečtu tlaku na stupnici manometru.

Měření tlaku krve se provádí u pohodlně sedícího pacienta v klidném prostředí po zhruba desetiminutovém uklidnění. Měření se doporučuje provádět pravákům na levé ruce a levákům na pravé. Lékař ovine manžetu kolem paže těsně nad loktem tak, aby bylo možné do loketní jamky přiložit stetoskop. Pacient by měl při měření tlaku krve sedět v takové poloze, aby se manžeta nacházela ve výšce srdce pacienta. Uzavřením vypouštěcího

ventilku na nafukovacím balónku zajistí lékař vzduchotěsnost systému. Balónkem pak natlakuje tonometr na hodnotu asi o 20 mm Hg až 40 mm Hg vyšší, než je očekávaná hodnota systolického (vyššího) tlaku. Nyní lékař přiloží do loketní jamky stetoskop a začne vypouštěcím ventilkem pomalu upouštět vzduch ze systému. Tím se bude zmenšovat v tonometru tlak. V okamžiku, kdy uslyší poprvé tlukot srdce, odečte na stupnici manometru horní systolický tlak. Přitom stále snižuje tlak vzduchu v systému rychlostí zhruba 2 mm za sekundu. Jakmile tlukot srdce ustane, odečte lékař ze stupnice hodnotu dolního diastolického tlaku.

Vysvětlení lékařova postupu je zřejmé: proudění krve je zvýšením tlaku v manžetě ovinuté kolem pacientovy paže přerušeno. Obnoví se až po poklesu tlaku vzduchu v manžetě. K obnovení proudění krve dojde, když bude tlak krve stejný jako je tlak vzduchu v nafukovacím systému tonometru. V tomto okamžiku se cévy, do té doby neprůchodné, částečně uvolní. Stlačenou cévou bude krev proudit velkou rychlostí - proudění tedy bude turbulentní. Víry tohoto proudění se ve stetoskopu projeví šumem, který lékař slyší. Když přestane lékař slyšet tlukot srdce, poklesl tlak vzduchu v nafukovacím systému pod hodnotu dolního tlaku krve. Krev v cévách proudí volně a manžeta se zbytky vzduchu ji už neovlivňuje. Proudění je už laminární a víry nevznikají. Proto lékař neslyší žádné ozvy. Lékař tedy vlastně měří tlak vzduchu v nafukovacím systému tonometru.



Měření tlaku krve pomocí rtuťového tonometru a hlavně slyšení ozev srdečního tepu je nutné natrénovat. Ozvy nemusí být příliš výrazné a pro „necvičené ucho“ nemusí být tudíž slyšitelné.

Během měření tlaku krve se může stát, že ruka, na níž je manžeta, ve srovnání s druhou rukou trošku ztmavne. To proto, že krev z ruky není odváděna zpět k okysličení do plic. Doba, po kterou bude ruka utažena nafouknutou manžetou by neměla být zbytečně prodlužována, aby nedošlo k poškození cév!

Až vám lékař změří váš tlak krve, vyjádřete jej v základních jednotkách tlaku soustavy SI.

Digitální tlakoměr

Fyzikální jevy: starší fyzikální jednotky tlaku, hydrostatický tlak, přetlak, vyrovnání tlaků, vedení elektrického proudu, princip činnosti displeje

Měření tlaku krve pomocí digitálního tlakoměru probíhá podobně jako měření pomocí rtuťového tonometru. Změnou je, že nafukování manžety a následné snižování tlaku vzduchu v ní probíhá automaticky a je řízeno samotným přístrojem. O průběhu měření, které může pacient provést sám, je pacient informován pomocí přehledného displeje, na kterém se v průběhu měření zobrazuje aktuální tlak vzduchu v nafukovacím systému přístroje. Na závěr měření přístroj ještě zobrazí i tepovou frekvenci pacienta. Tento údaj je k dispozici proto, že systém zachytává tlukot srdce, podle kterého vyhodnocuje dosažení systolického a diastolického tlaku krve.



Pomocí digitálního tlakoměru je možné provést i měření, která jsou z lékařského hlediska naprosto nevhodná, nicméně z pohledu fyzika jsou velmi zajímavá. Jedná se o měření tlaku krve na ruce, která nebude (jak má správně při měření tlaku krve být) ve výšce srdce pacienta, lze provádět měření tlaku krve po fyzické námaze (běh do schodů, dřepy, ...), ... Na takováto měření např. ve třídě, na škole v přírodě, ... je tento tlakoměr vhodnější než rtuťový, protože u rtuťového je nutné předem natrénovat správný poslech srdečních ozvě.

Jaký tlak krve naměříme při poloze manžety na ruce a) níže než srdce, b) výše než je srdce, ve srovnání s tlakem krve měřeným při správné poloze paže s manžetou? Zdůvodněte.

Glukometr

Fyzikální jevy: silové působení těles, zákon zachování energie, tíhová síla, pružnost pružiny, elektrický proud, deformace těles, princip displeje, teplotní roztažnost

Glukometr je přístroj na určování hladiny cukru (glukózy $C_6H_{12}O_6$) v krvi pacienta.

Součástí glukometru je:

- samotný přístroj - obsahuje měřicí a vyhodnocovací jednotku, která analyzuje krev pacienta a výsledek měření pak zobrazí na displeji
- vpichovací zařízení - obsahuje pružinu, kterou pacient natáhne a pak vystřelí pomocí spouště, a regulační šroub, kterým se nastavuje hloubka vpichu
- lanceta - výměnná tenká jehla, která je součástí vpichovacího zařízení

Před samotným měřením se doporučuje umýt ruce v teplé vodě. Ruce se tím jednak zbaví nečistot a zároveň se teplou vodou roztáhnou cévy, čímž se v nich zvýší průtok krve. Pacient vezme vpichovací zařízení, vloží do něj novou lancetu a zařízení natáhne. Konec, z něhož vystřeluje lanceta, přiloží k bříšku prstu a stiskne spoušť. Lanceta, která má velmi malý příčný průřez, prorazí kůži na prstu a poraní kapiláry, které prst zásobují krví. Stiskem prstu začne z poraněného místa vytékat krev. V případě, že pacient nemůže získat dostatečné množství krve, je vhodné nechat několik minut svěšenou ruku dolů. Vlivem tíhové síly se krev hrne do dolních částí těla, tedy i do volně svěšené ruky.

Přístroj se zapíná tak, že se do něj vloží elektroda. Před prvním použitím nových elektrod je třeba přístroj nakalibrovat. Vyrábějí se totiž různé druhy elektrod, a tak by bez kalibrace přístroje nebylo provedené měření přesné. Používají-li se opakovaně elektrody z téže sady, není nutné kalibraci provádět opakovaně - nastavení z kalibrace se uloží do paměti přístroje; k přepsání informací dojde až po opětovném vložení kalibrační elektrody.



Na elektrodu vloženou do přístroje pacient kápne kapku krve. Po nanesení krve na elektrodu reaguje glukóza v krvi s chemickými látkami na elektrodě (glukózová oxidáza, nereakční přísady) za vzniku tmavé sraženiny kovu. Přístroj pak vyhodnotí elektrický proud, který v závislosti na odporu vysráženého kovu, prochází elektrodou a obsah glukózy je poté zobrazen na displeji v milimolech na litr.

Běžné hodnoty pro osoby, které nejsou diabetiky ani nejsou těhotné, jsou z intervalu $\langle 4,1; 5,9 \rangle \text{ mmol.l}^{-1}$ na lačno a méně než $7,8 \text{ mmol.l}^{-1}$ dvě hodiny po požití 75 g glukózy. Výsledky nižší než $2,8 \text{ mmol.l}^{-1}$ nebo vyšší než $16,7 \text{ mmol.l}^{-1}$ nejsou normální a je třeba kontaktovat lékaře.

Pero na inzulín

Fyzikální jevy: silové působení těles, tlak, proudění kapalin, deformace těles

Jedná se o pomůcku určenou pro diabetiky, jejichž choroba je natolik vážná, že si musí několikrát denně píchat inzulín. Inzulín je pro ně nezbytný, neboť přirozenou cestou se v jejich organismu netvoří.

Dříve používali diabetici pro aplikaci inzulinu injekční stříkačky. Aplikace byla velmi složitá: diabetik musel mít s sebou dezinfekční prostředek, injekční stříkačku, zásobu nových jehel a zásobník s tekutým inzulinem. Po každé aplikaci bylo třeba znehodnotit stříkačku a jehlu tak, aby je nikdo nemohl zneužít a nezranil se.



Pero na inzulín je pro diabetiky pohodlnější. Na cestách jim stačí mít jen pero a dezinfekční prostředek. Zásoba inzulinu vydrží v přístroji na několik desítek dávek (podle velikosti dávky, kterou diabetik najednou aplikuje) a jehla vydrží minimálně na jednu náplň inzulinu. Odpad je tedy minimalizován (jehla a zásobník se mění jednou za několik týdnů a ne každý den jako v případě injekční stříkačky) a případná přeprava přístroje (do zaměstnání, na dovolenou, ...) je snadná.

Po výměně náplně je pero připraveno okamžitě k použití. Šroubem v jeho horní části si pacient určí množství inzulinu v mililitrech (po konzultaci s lékařem!!!), které si chce aplikovat, dezinfekčním roztokem potře dobře přístupnou svalovou část těla (břicho, stehno, ...) a vpíchne do ní jehlu. Pak stiskne šroub v horní části pera a silou ho stačí směrem k tělu přístroje. Pacientova síla se přenáší na píst, z něhož je vytlačován inzulin do jehly a pak do pacientova těla.

V případě, že je jehla tupá a pacient musí působit velkou silou, aby jehla pronikla kůží, může vzniknout krevní podlitina (modřina).

Existují i pera, u nichž si pacient nastaví šroubem příslušné množství inzulinu, pak přiloží pero k tělu a stiskne šroub. Pružina, která se šroubem natáhla, vystřelí jehlu, z níž vystříkne do těla příslušné množství inzulinu. Tato pera jsou vhodná pro pacienty, kteří se (většinou z psychologických) nedovedou sami píchnout.

Na přípravě brožury se podíleli:

Božinová Hana, MUDr. - praktický lékař; odborné lékařské konzultace

Dolejší Jiří, RNDr. - cenné připomínky a poznámky k rukopisu

Lukeš Daniel - student 03K; fotoreportér a odborné rady

Reichl Gustav - zapůjčení lékařských přístrojů

Reichlová Irena - zapůjčení brýlí

Reichlová Jaroslava - pomoc při fotografování

Strádalová Jana, RNDr. - učitel SPŠST Panská; odborné chemické konzultace

Všetička Martin - student 03K; asistence a odborné rady při fotografování pomůcek

Díky moc!

Zdroje a inspirace:

Felix R. Pauri a kolektiv: *Kronika techniky*, Fortuna Print, Praha 1993

S. Silbernagl, A. Despopoulos: *Atlas fyziologie člověka*, Avicenum, Praha 1984

kolektiv autorů: *Vědecké objevy v praxi*, Knižní klub a Balios, Praha 1998

Internet

fyzikáři a ostatní kolegové SPSŠT Panská

studenti SPŠST Panská

fyzikáři ostatních spřátelených základních, středních a vysokých škol

život a fantazie Jaroslava Reichla

Spojení na autora:

reichl@panska.cz

<http://vyuka.panska.cz/reichl> (resp. <http://jreichl.com>)

Jednoduchý spektroskop – překvapivě kvalitní

Alan W. Schwabacher¹, Václav Pazdera²

¹ University of Wisconsin-Milwaukee, USA

² ZŠ Komenium Olomouc (současná adresa: Gymnázium Olomouc, Čajkovského 9)

Abstrakt

Vyrobte si jednoduchý spektroskop z vystřihovánky a starého nepotřebného CD-romu s překvapivě krásným výsledkem. Obdivujte nádheru spekter různých světelných zdrojů (žárovky, zářivky, výbojek s různými plyny, LEDek, s použitím filtrů atd.).

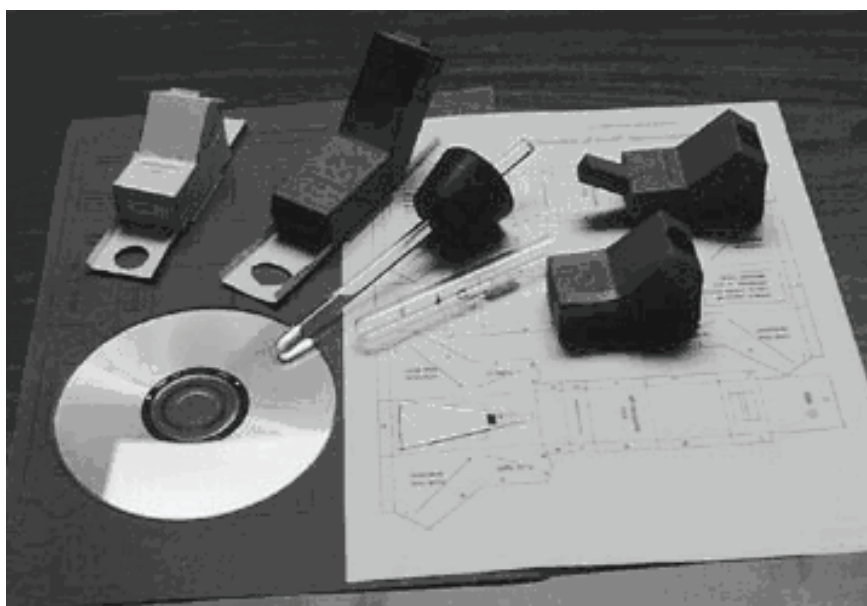
Úvodní poznámka editora

Pro náhodský seminář Heuréky 2005 připravil Václav Pazdera dílnu věnovanou výrobě jednoduchého spektroskopu podle návodu Alana Schwabachera uveřejněného na webové stránce [1]. Václav popsanou konstrukci vyzkoušel, připravil materiály pro účastníky, doplnil dílnu několika základními pokusy, ověřil, že za dobu trvání dílny jsou účastníci schopni spektroskop vyrobit a vyzkoušet pokusy. V následujícím textu vyšel ze stránek [1] a [2], z nichž jsou převzaty i první dvě fotografie. Text stránek [1] a [2] při překladu do češtiny poněkud zestručnil resp. mírně upravil, doplnil několika poznámkami a fotografiemi spekter, které získal pomocí vyrobeného spektroskopu. Se souhlasem prof. Schwabachera uveřejňujeme tento text jako společný článek obou autorů. Prof. Schwabacher též laskavě souhlasil s umístěním předlohy pro výrobu spektroskopu [3] na stránky Heuréky (viz [4]). Věřím, že tento článek přispěje k tomu, aby tuto pěknou jednoduchou konstrukci využilo co nejvíce českých učitelů fyziky a jejich žáků.

L.D., editor

Mini Spektroskop

Udělejte si spektroskop, který Vám umožní oddělit barvy ze světla. Denní světlo je směs barev a ne všechno světlo, které se nám jeví bílé, je stejné. Složení Slunce a atmosfér planet se studují měřením spekter světla. Můžete být překvapeni, co uvidíte, když se budete dívat na různé zdroje světla. Nechte se unést krásou spekter, která jsou vidět.



Co potřebujete k výrobě spektroskopu?

Starý CD - ROM nebo hudební CD, u kterého nevadí, když jej zničíte; nějaký černý lepenkový papír, nůžky, lepidlo (např. Herkules), žiletku nebo ostrý nůž. Také budete potřebovat vystřihovánky [2, 3].

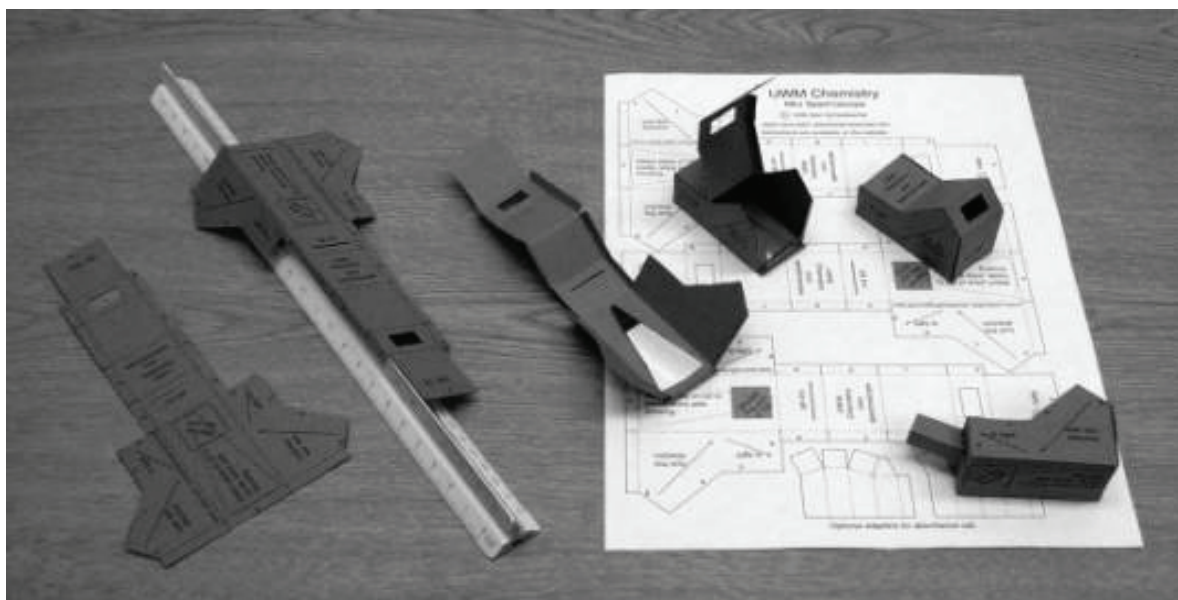
Nejjednodušší verze:

Jednodušší verze spektroskopu v PDF formátu [2] – pro dva jednoduché spektroskopy.

Standardní provedení:

Kvalitnějšího provedení spektroskopu v PDF formátu [3], [4] – pro tři spektroskopy z archu. Tento design je mírně odlišný od toho jednoduššího výše uvedeného. Má menší otvor, který minimalizuje parazitní světlo.

Vizuální instrukce pro sestavení CD spektroskopu



Co dělá spektroskop?

Jemné vrypy o šířce $0,5\ \mu\text{m}$ na kompaktním disku dělají z disku difrakční mřížku. Svítí-li na disk malý zdroj bílého světla, tvoří difraktované světlo barevné pruhy, které jsou směsicí difrakčních obrazců od vrypů. Tyto obrazce pak můžeme pozorovat okem v průzoru spektroskopu.

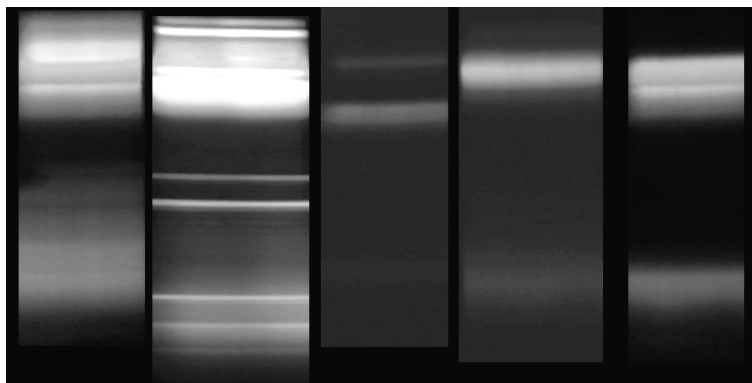
Instrukce pro výrobu:

1. **Vystřihněte** pečlivě vystřihovánku podle plných čar.
2. **Obkreslete** vystřihovánku na černý lepenkový papír (mně se osvědčilo obkreslení ne tužkou, ale přímo vysunovacím **nožem** – není nutné prořezat).
3. **Nařízněte** čárkované čáry, kde bude ohyb; **vystřihněte**, kde jsou **plné** čáry.

4. **Vyřízněte** velmi pečlivě malou **štěrbinu** s přímými **hladkými** okraji asi 0.5 mm širokou (nejlépe z obou stran, aby nebyla „chlupatá“). Můžete také štěrbinu vyřezat širší a potom vytvořit úzkou štěrbinu mezi dvěma kusy matné pásky.
5. Pak si vyberte datové nebo hudební CD, které už nechcete, a **vyřežte klín** (ostrým řezacím nožem) podle vystřihovánky. Můžete udělat asi 16 klínů z jednoho CD. Ujistěte se, že horní strana klínu hraje duhovými barvami.
6. **Nalepte klín** (pozor je potřeba ho nalepit z té strany, kde NEJSOU naříznuté hrany na ohyb).
7. **Začerněte** vnitřní část klínu fixem (podle vystřihovánky), aby nevznikaly další nežádoucí odrazy.
8. **Složte a slepte** krabičku.
9. **Zkontrolujte**, zda spektroskop **funguje**. Pokud ne, je potřeba **upravit štěrbinu** (zahladit, rozšířit, zúžit, přelepit, ...).
10. **Nalepte** na štěrbinu usměrňovací **nos** (omezuje parazitní světlo).

Pohledy na některá spektra:

V pořadí: denní světlo (pozor, nedívejte se spektroskopem přímo do Slunce!), zářivka, denní světlo přes červený, zelený a žlutý filtr. Ve skutečnosti je to vidět okem mnohem lépe, než se mi podařilo to vyfotit. (Poznámka editora: Na barevných fotografiích vypadají navíc spektra značně lépe než v šedé verzi pro černobílý tisk na obrázku níže.)



Závěr

Přeji plno krásných zážitků při výrobě a používání spektroskopu se žáky.

Václav Pazdera (pvaclav@centrum.cz)

Odkazy na stránky autora spektroskopu a šablony pro výrobu spektroskopu (pdf):

- [1] <http://www.uwm.edu/~awschwab/specweb.htm>
- [2] http://www.uwm.edu/~awschwab/specweb_files/scopeinstruct.pdf
- [3] http://www.uwm.edu/~awschwab/specweb_files/3ScopesUWMChem3.PDF
- [4] <http://kdf.mff.cuni.cz/Heureka/Seminare/Nachod2005/Spectroscope.htm>,
<http://kdf.mff.cuni.cz/Heureka/Seminare/Nachod2005/3ScopesUWMChem3.pdf>

Logaritmické pravítko

Jiří Vinter

Mosled, Ledenice

Abstrakt

Po úvodu, ve kterém autor popisuje motivaci ke zpracování logaritmického pravítka jako dílny Heuréky 2005, je čtenář seznámen s problematikou stručným historickým exkurzem. Následuje objasnění nejpodstatnějších rysů funkce logaritmického pravítka a na závěr je krátce nastíněno, jak probíhala konstrukce jednoduchého pravítka na dílně.

Úvod

Náplní letošní dílny se stalo logaritmické pravítko. Così jsem o něm již dříve věděl, doma jsme jich několik měli, ale vlastně jsem jeho funkci dobře nerozuměl. I když tušil jsem, že půjde patrně o nějakou mechanickou aplikaci logaritmických vzorců. Toto nepochopení bylo zřejmě způsobeno i tím, že běžné logaritmické pravítko je pro začátečníka příliš složité.

Hlavním impulsem pro mne byla návštěva antikvariátu¹, ve kterém jsem objevil knihu [1]². Napadlo mě: co si takhle udělat dílnu? Heuristickou metodu lze přece použít i na zkoumání logaritmického pravítka.

Rozhodl jsem se, že se účastníci této dílny dozvědí něco z historie, porozumí některým základním pojmům, ujasní si princip fungování a vyrobí si vlastní jednoduché logaritmické pravítko. Ptáte se, kde tam je heuristická metoda? Třeba již v první části.

Historie

Chtěl bych ctít přání editora a nerozepisovat se příliš o teoretických základech, které si čtenář může snadno nalézt jinde, ale zdá se mi, že v tomto případě je vhodné něco z historie přece jen uvést.

Doba před logaritmem (? – 1614)

Z řady různých důvodů bylo třeba násobit čísla s mnoha platnými ciframi, což je sice činnost snadná, nicméně časově dosti náročná. A právě v takovýchto momentech se jasně prokáže platnost zákonitosti, že největší hybnou silou pokroku je lidská lenost. Jak je tedy možné získat dostatečně přesně výsledek součinu, aniž bychom byli nuceni násobit?

K tomuto účelu lze využít metody, která se jmenuje prostafaréze (viz [2]) (prothese = sčítání, afairo = odčítání). O co jde? Existuje jeden vzorec:

$$\cos a \cdot \cos b = \frac{1}{2} (\cos(a + b) + \cos(a - b)). \quad (1)$$

¹ Knihkupectví Tyché, Česká, České Budějovice.

² Nejsem sám, kdo má dojem, že knihy jistého druhu lze koupit jen v antikvariátu (je jasné, že příručku o logaritmickém pravítku již dnes nikdo nevydává, ale jsou i jiné kvalitní knihy...). Nejsem staromilec, ale líbí se mi, jak dobře byly některé knihy dříve zpracovány.

Vlevo je součin, vpravo průměr. Hlavní myšlenka metody je prostá. Místo počítání součinu zjistíme a , b z tabulek, $a + b$, $a - b$, z těch samých tabulek pak i $\cos(a + b)$, $\cos(a - b)$ a uděláme průměr. Tím získáme součin. Takže jsme se jen dívali do tabulek, sčítali, odečítali (a maximálně dělili dvěma). Vypadá to složitě, ale je to skutečně rychlejší (kdyby nebylo, lidé by to nedělali).

V případě, že nám jde o součin dvou kosinů (tedy známe a a b), se navíc obejdeme bez prvního hledání v tabulkách. To je právě situace, pro kterou byla tato metoda hlavně používána. Při vytváření tabulek pro námořní navigaci se řešil tzv. sférický trojúhelník, to je trojúhelník na nebeské sféře definovaný třemi body (přičemž i délky jeho stran jsou udávány v úhlové míře). Typická rovnice, která pro něj platí, vypadá následovně:

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos \alpha. \quad (2)$$

Všimněte si, že hledáme-li součin $\cos b \cos c$, tak jistě již známe hodnoty b a c , protože jsme je změřili. Jak ale získáme druhý součin? Jednoduše použijeme jiný vzorec než (1) (jistě víte, že jsou čtyři).

Ted' přijde slíbená situace s použitím heuristické metody:

S tím, co víte o prostafarézi, vypočítejte $345 \cdot 0,234$!

Je vám jasné, o co jde? Zkuste najít v tabulkách, pro které a je $\cos a = 345$! A jak situaci zvládla jedna účastnice dílny? Psala:

$$1000 \cdot 0,345 \cdot 0,234 = \dots$$

Přišla na to, že po vytknutí tisíce se na zbytek dá aplikovat vzorec (1) bez problémů. Příslušný výsledek se na konec opět vynásobí tisícem³.

A teď již stručně.

Doba logaritmován (1614 – ≈ 1970)

Začalo to, když Napier vymyslel logaritmus. Rovnice (1) a rovnice

$$\log a \cdot b = \log a + \log b \quad (3)$$

se dají použít velmi podobně (titiž lidé, kteří násobili podle rovnice (1) přešli na násobení podle rovnice (3)).

Co je k tomu třeba? Stačí nalézt v tabulkách $\log a$ a $\log b$, sečíst je, a nalézt argument tohoto součtu. Ted' už jen převést hledání v tabulkách na odečítání na stupnici a je to.

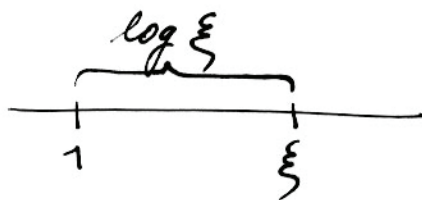
Logaritmická stupnice je ústřední pojem pro pochopení funkce logaritmického pravítka. Co je to logaritmická (obecně funkční) stupnice? Je to jeden způsob, jak lze graficky vyjádřit prostou funkci. Dělá se to tak, že se rozlišují tzv. *kóty* a *souřadnice*. Označíme-li kótu ζ a souřadnici x , platí mezi nimi vztah $x = m \cdot f(\zeta)$, speciálně pro logaritmickou stupnici pak

$$x = m \cdot \log \zeta. \quad (4)$$

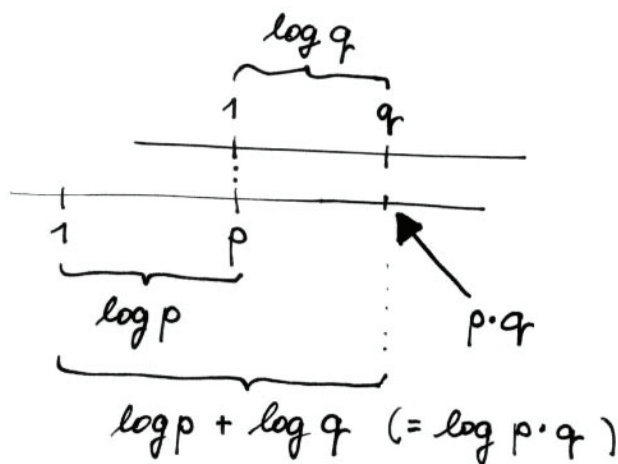
Veličina m , takzvaný modul, je pro následující úvahy nepodstatná, volme ji tedy $m = 1$. Důležité je, že k bodu na ose se souřadnicí x (tedy v bodě $[x, 0]$) připišeme kótu (označení)

³ Na tomto místě bych měl uvést, že jedné skupině jsem o škálování řekl, takže její účastníci byli o objevování ochuzeni :-)

ξ. Tak získáme logaritmickou stupnici, která má tu vlastnost, že délka úsečky mezi kótou 1 (což je bod o souřadnici 0) a kótou ξ (což je bod o souřadnici $\log \xi$) je $\log \xi$.



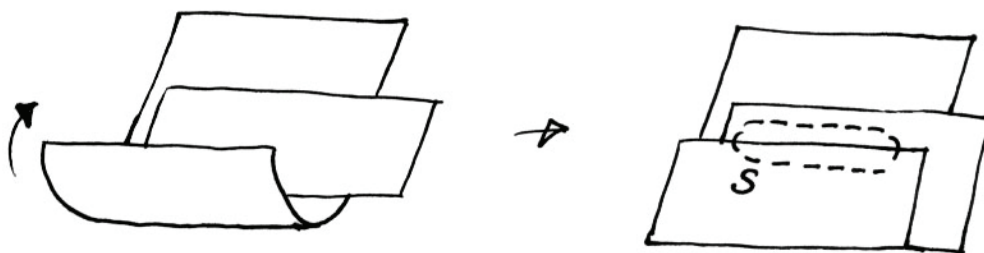
Jak tedy probíhá násobení s pomocí dvou logaritmických stupnic? Násobme například p a q . Umístíme kótu 1 horní stupnice nad kótu p spodní stupnice. Výsledek, tj. součin $p \cdot q$ čteme pod kótou q horní stupnice na dolní stupnici.



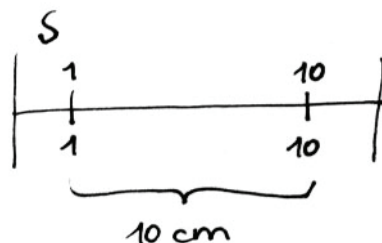
To je základní princip fungování logaritmického pravítka jako mechanické pomůcky (analogového počítadla) pro násobení. Dělení je to samé v bledě modrém. Teď už jen stačí osvojit si několik triků, které nám umožní nalézt výsledek i v případě, že v místě, kde bychom chtěli číst výsledek, již stupnice není (logaritmická pravítka se nedělají a ani nemusí dělat zbytečně dlouhá), a můžeme objevovat.

Konstrukce pravítka

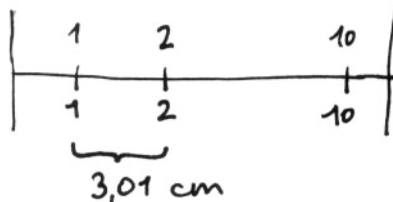
Všichni účastníci dílny dostali papír A₄, měřítko a ostrou tužku. Papír si rozstříhli na dvě části tak, že menší šla vložit do větší, ve které byl vytvořen záhyb tak, aby se menší část mohla volně pohybovat.



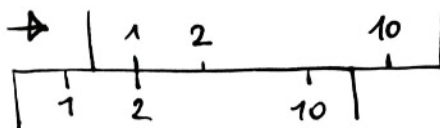
Obě stupnice jsme konstruovali v oblasti S. Dohodli jsme se, že modul naší stupnice (to je to písmeno m v rovnici (4) a tedy délka stupnice mezi kótou 1 a 10 ($\log 1 = 0$, $\log 10 = 1$, $m(1 - 0) = m$) bude pro usnadnění počítání 10 cm. Za pomoci měřítka si každý vyznačil počátek i konec současně na obou papírech tak, aby jejich vzdálenost byla 10 cm.



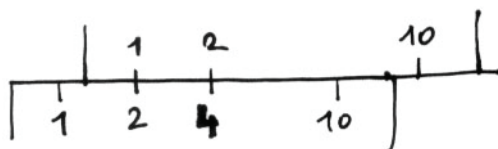
Jak dál? Nahlédnutím do tabulek bylo lze zjistit, kde bude na naší stupnici kóta 2: $\log 2 = 0,301$ ($\cdot 10 = 3,01$), tedy asi tři centimetry od kóty 1.



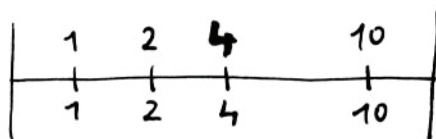
Jak získáme kótu 4? ($4 = 2 \cdot 2$)



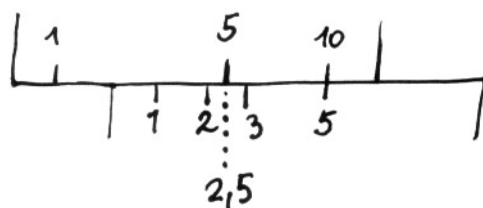
Posuneme horní stupnici doprava tak, aby její kóta 1 splynula s kótou 2 dolní stupnice. Pod kótou 2 horní stupnice čteme výsledek (není-li a známe-li ho, dopíšeme ...)



Doplňme kótu i na horní stupnici

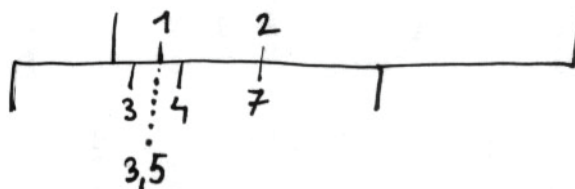


Podobně lze získat kótu 8, kóty 3, 5 a 7 nalezneme v tabulkách, kóty 6 a 9 dohledáme ($6 = 2 \cdot 3 = 3 \cdot 2$; $9 = 3 \cdot 3$). Další kóty získáme „násobením přes deset“ a dělením. Třeba kóta 2,5 se dá získat takto:



Při počítání s logaritmickým pravítkem nepracujeme se zadanými čísly, nýbrž jen s jejich *mantisami*. Čísla 25 a 2,5 mají stejnou *mantisu* (jejich logaritmus má stejnou desetinnou část, liší se jen celočíselně). Kótu 25 bychom logicky hledali jako součin $5 \cdot 5$, ale jak už víme, klasické pravítko končí kótou 10. Nenajdeme-li na logaritmickém pravítku výsledek při posunutí horní stupnice vpravo, posuneme ji vlevo (na místě kóty 1 bude kóta 10) a řád odhadneme. Fakticky tedy provádíme výpočet $5 \cdot 0,5 = 2,5$ (a získáme tak naši kótu), ale i $5 \cdot 5 = 25$, $5 \cdot 50 = 250$ atd.

Získejme kótu 3,5. Víme, že $3,5 = 7 : 2$. Platí též $3,5 \cdot 2 = 7$ a to už umíme, známe-li kóty 3,5 a 2. A jak se tedy dělí?



Při pečlivé práci a dostatečné hustotě kót lze takto získat pravítko, s nímž se dá počítat s chybou nepřesahující jedno procento.

O čem jsem se v tomto článku nezmínil, ale na dílně ano, je přesnost a přibližné výpočty, jak hledat v logaritmických tabulkách, logaritmické pravítko jako symbol a jako označení povolání. Dále to, že se jisté typy logaritmických pravítek neustále používají (např. v letecké navigaci)...

Závěr

Zdálo by se, že vytlačení logaritmických pravítek kalkulačkami je způsobeno tím, že kalkulačky jsou ve všech směrech lepší. Není to tak. Je spousta dobrých důvodů, proč i nadále používat logaritmické pravítko:

- nestane se, že výsledek má víc platných míst, než je z podstaty problému možné,
- nestane se, že řád výsledku bude špatně stanoven – musíme na něj pořád myslet,
- důležité výsledky můžeme nezávisle získat jak na logaritmickém pravítku, tak na kalkulačce – nestane se, že se dvakrát dopustíme stejné chyby,
- nevybije se baterie,
- všechna pravítka jsou stejná.

Literatura

[1] Čihák V., Tichý Z.: *Logaritmické pravítko*. SNTL, Praha 1961

[2] <http://www.answers.com/topic/prosthaphaeresis>

Poděkování

Tento článek by nevznikl bez obětavé podpory mé životní partnerky Ivy Fukové.

Poznámka editora:

Přestože logaritmické pravítko se k fyzice váže spíše nepřímo (dříve bylo hojně využívaným výpočetním nástrojem, dnes je asi zajímavé spíše z historických důvodů či jako ukázka logaritmické škály užívané často v různých fyzikálních grafech), jsem přesvědčen, že tento příspěvek má v tomto sborníku své místo. Na jedné straně ukazuje tematickou šíři dílen Heuréky a na druhé straně to, jak neotřelým způsobem se dá přistupovat k tak zdánlivě obyčejné věci, jakou logaritmické pravítko je.

Navíc pro čtenáře, neodkojené od mala digitální technikou má vzpomínka na logaritmické pravítko své kouzlo. Na rozdíl od autora jsem logaritmické pravítko probíral a používal na střední škole a užíval ho k výpočtům při zpracování protokolů praktik ještě při studiu na fakultě. Ze zkušenosti vlastní i spolužáků ovšem vím, že není tak úplně pravda, že by při jeho užití nešlo špatně stanovit řád výsledku. (Nestačí na něj jen myslet, člověk navíc nesmí udělat chybu. :-) A kupodivu také ne všechna logaritmická pravítka jsou stejná – už jsem držel v ruce logaritmické pravítko kulaté...

Bylo by možná zajímavé, vzít někdy logaritmické pravítko do výuky, ať už matematiky nebo fyziky, a ukázat je žákům. Třeba by je zaujalo, že násobit a dělit se dá i na něčem jiném, než na kalkulačkách a počítačích. Zkusíte-li to, dejte nám vědět.

L.D., editor

Využití stavebnic Lego a programu RoboLab ve výuce fyziky

Michal Zoubek

28. základní škola Plzeň

Abstrakt

Tento příspěvek se zabývá využitím aktivních dílů stavebnic Lego a programu RoboLab při výuce fyziky. Ukazuje některé možnosti tohoto motivačního nástroje, který umožňuje uplatňovat moderní technologie a výpočetní techniku přímo ve výuce. Dále nabízí možnost projektového vyučování a práce ve skupinách, kde kromě rozvoje technického myšlení dochází i k rozvoji sociálních a dalších kompetencí (např. spolupráce, komunikace, organizování a plánování, práce s informacemi, odpovědnosti, uvažování v souvislostech, tvořivosti ...).

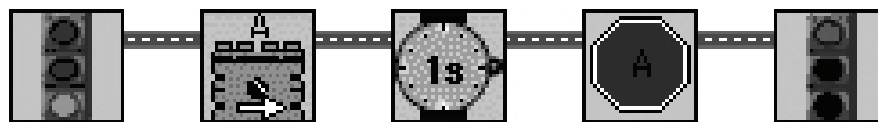
Seznamte se s RoboLabem

RoboLab je ikonografický software, který je školskou verzí programu LabVIEW™ od National Instruments. Program je rozdělen do tří základních částí:

Administrátor - slouží pro správu programu a nastavení RCX kostky (viz aktivní díly).

Programmer - slouží pro tvorbu a úpravu programů. Jsou k dispozici dvě úrovně programování - Pilot a Inventor. V nižší úrovni *Pilot* se modifikují předpřipravené programy - šablony. Žáci mohou pouze měnit obsazení jednotlivých vstupů a výstupů a jejich hodnoty, jako je např. rychlost a směr otáčení motoru. Tento režim tedy slouží pro seznámení s prostředím programu a principu programování. *Inventor* je již plnohodnotné programovací prostředí. Obrazovka programu je rozdělena na několik oken. Okno pro tvorbu programu, okna s paletou funkcí a nástrojů s množstvím rozklikávacích nabídek a okno parametrů jednotlivých ikon. Každému aktivnímu prvku je přiřazena ikona (příkaz) s realistickým vyobrazením dané součástky. Tyto ikony se potom skládají na pracovní ploše do logických řetězců a přiřazují se jim další parametry. Programovat je možné v několika úrovních obtížnosti od jednoduchého ovládání výstupů až k složitějším úlohám s větvením, cyklováním, porovnáváním a ukládáním hodnot.

Příklad jednoduchého programu – začátek a konec programu určuje symbol semaforu. Motor připojený na výstupu A bude pracovat (otáčet se) po dobu jedné sekundy. Potom se již výstupu A nedodává žádná energie.



Investigator je třetí a nejvyšší úroveň programování v RoboLabu. Nabízí práci v pěti oblastech: programování (stejně jako v programmeru), přenos dat (infračervenou cestou), porovnávání dat (porovnání více měření, určení minima, maxima, průměrné hodnoty ...), operace s daty (matematické operace), dokumentace (tvorba textů či popisků, vkládání obrázků ...) a publikace (převod do HTML formátu). Klíčovým prvkem Investigatoru je kruhové menu. Jeho tlačítka spouští jednotlivé moduly (viz obrázek). Programování se zde rozšiřuje o senzorická měření fyzikálních veličin.



Aktivní díly

Mikropočítač

Součástí každého inteligentního modelu musí být mikropočítač, tzv. RCX kostka. Ta umožňuje obsadit tři vstupy a tři výstupy aktivními prvky. Dále si umí zapamatovat pět programů a hodnoty měření. Je vybavena pro komunikaci, příjem a vysílání dat infračervenou cestou (data z a do PC se přenášejí pomocí infračervené věže). Může být přímo ovládána dálkovým ovladačem, resp. její výstupy. Na displeji ukazuje některé provozní údaje a může zobrazovat aktuální hodnoty vstupních prvků.

Vstupní a výstupní prvky

Vstupními prvky jsou senzory:

- dotykový (rozeznává dvě hodnoty – stlačeno, nestlačeno)
- teplotní (pro rozsah teplot od $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ s citlivostí $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$)
- polohový (měří úhel po krocích $22,5^{\circ}$ - 16 kroků na 1 otáčku a otáčky do 5000 otáček za minutu)
- světelný (snímá intenzitu světla, citlivost v oblasti 0,6 – 760 lux)
- další (Existuje množství dalších senzorů, nemám s nimi však žádnou zkušenost. Za všechny jmenuji alespoň senzor umožňující měření PH.).

Mezi výstupy patří zejména:

- motory (nezatížený motor dosahuje 350 ot/min při odběru 10 mA, při úměrném zatížení 250 ot/min při odběru 100 mA)
- mikro motory (nezatížený motor dosahuje 30 ot/min při odběru 10 mA. Při úměrném zatížení 20 ot/min při odběru 20 mA)
- světla a zvuková signalizace.

Měření

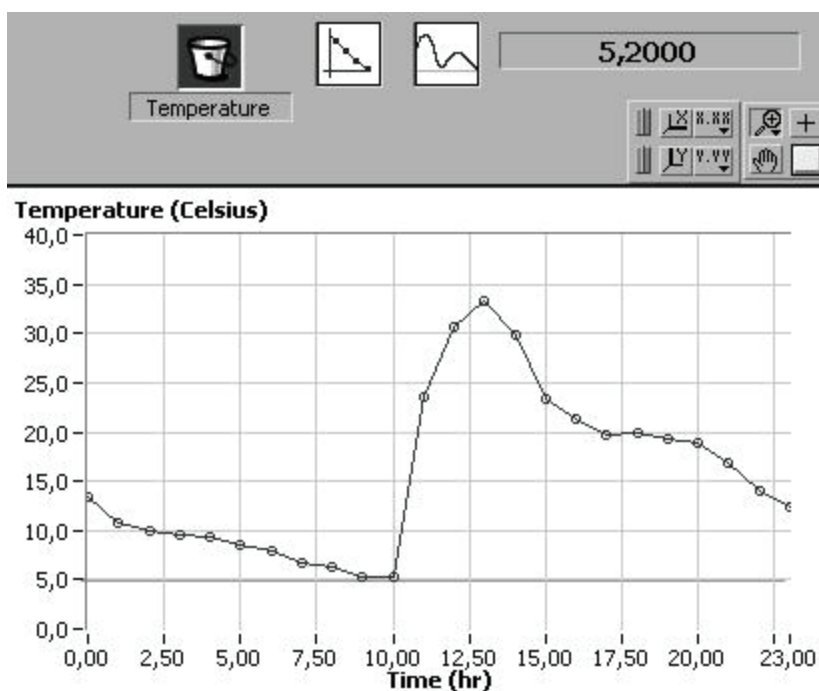
Pro všechna měření platí, že je možné použít soupravu a program jako demonstrační pomůcku. Mnohem většího efektu však dosáhneme, pokud budou měření uskutečňována tzv. „s legendou“ (tedy nepřipojím jen senzor na mikropočítač, ale sestrojím meteorologickou stanici či výzkumné vozidlo, které umí měřit ...) nebo při dostatečném vybavení se děti samy stanou vědci, kteří plní úkol komplexně od návrhů řešení přes řešení technických problémů, konstrukci, programování, měření a zpracování hodnot až po prezentaci výsledků práce.

Měření teploty

K měření teploty použijeme teplotní senzor s parametry od $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Program umožňuje měřit teplotu ve stupních Celsia i Fahrenheita.

V programu je možné měnit počet zjišťovaných hodnot a časový interval, po kterém se hodnoty zaznamenávají. Pokud chceme zjistit aktuální hodnotu teploty, použijeme tlačítko wiew na RCX kostce a odečítáme přímo z displeje.

Ukázka měření vývoje venkovní teploty v průběhu jednoho dne po jedné hodině za oknem učebny fyziky. K strmému nárůstu teploty došlo nevhodným umístěním teplotního čidla.



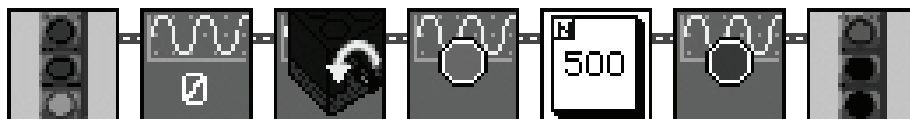
S naměřenými hodnotami lze dále pracovat. Například si můžeme nechat ukázat minimální (viz obrázek), maximální či průměrnou hodnotu.

Dále je možné upravovat některé parametry grafu od formátu os až po barvu křivky grafu. Pokud provedeme více měření, je výhodné porovnávat naměřené hodnoty nebo si vygenerovat tabulku naměřených hodnot a s tou dále pracovat. Ve výpočtové části je možné hodnoty přepočítat na hodnoty termodynamické stupnice (tedy dostaneme hodnoty v kelvinech). Možností je mnoho.

Měření dráhy a rychlosti

Pro měření dráhy vyrobíme model dopravního prostředku (auta), který spojíme s polohovým (otáčkovým) senzorem. Polohový senzor zaznamenává 16 poloh na jedno otočení kolem osy (na 360 úhlových stupňů), maximálně však 5000 otáček za minutu.

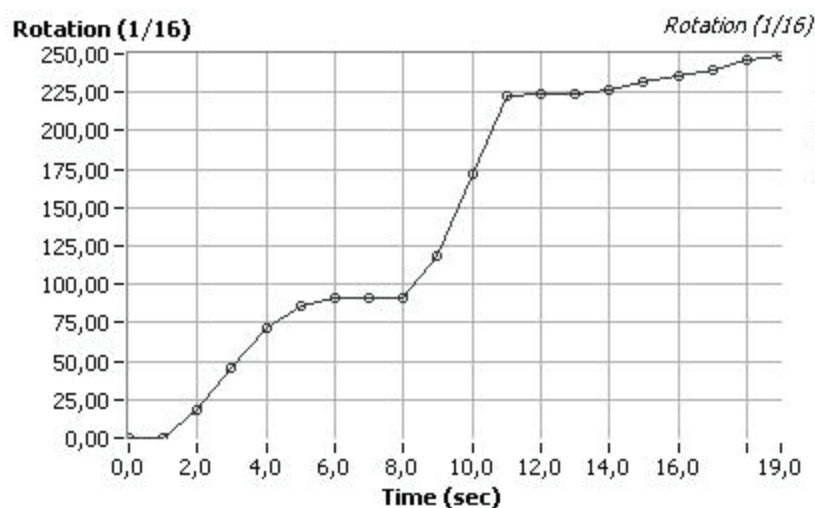
Příklad jednoduchého programu na měření otáček (neodpovídá následujícím grafům):



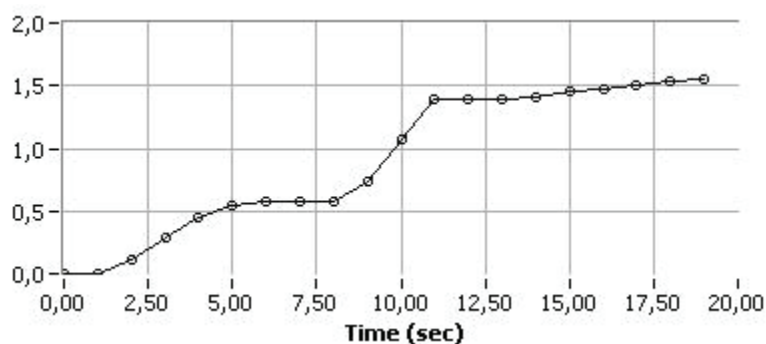
Semafor opět začíná i končí program. Druhou ikonou vynulujeme část paměti RCX kostky pro ukládání hodnot. Třetí ikona říká, že se budou měřit otáčky pomocí polohového senzoru. Další symbol začíná měření 500 hodnot. Potom měření a celý program končí. Program není úplný, protože začátku měření musíme přiřadit časový údaj, po kterém se hodnoty mají zaznamenávat.

Program musíme přehrát do RCX kostky modelu a spustit ho. Po ukončení měření opět přehrajeme data – z kostky do PC, kde je dále zpracováváme.

Po přenosu dat tedy v grafu nepůjde o závislost dráhy na čase, ale počtu otáček na čase.



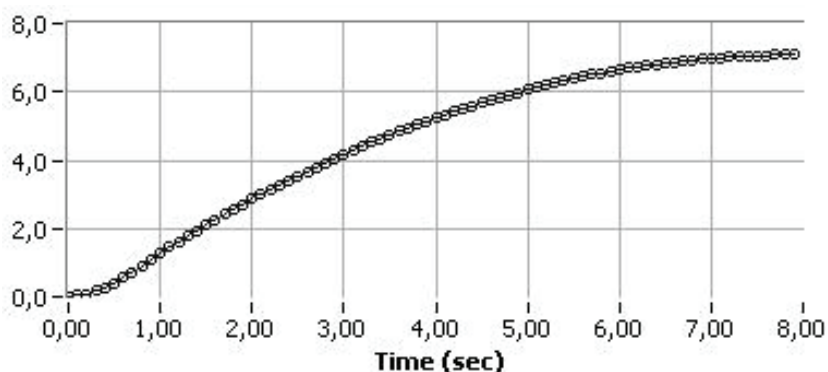
Hodnoty otáček je možné přepočítat ve výpočtové části na hodnoty délkové (např. zde jsou hodnoty přepočítány na metry při obvodu kola auta 10 cm).



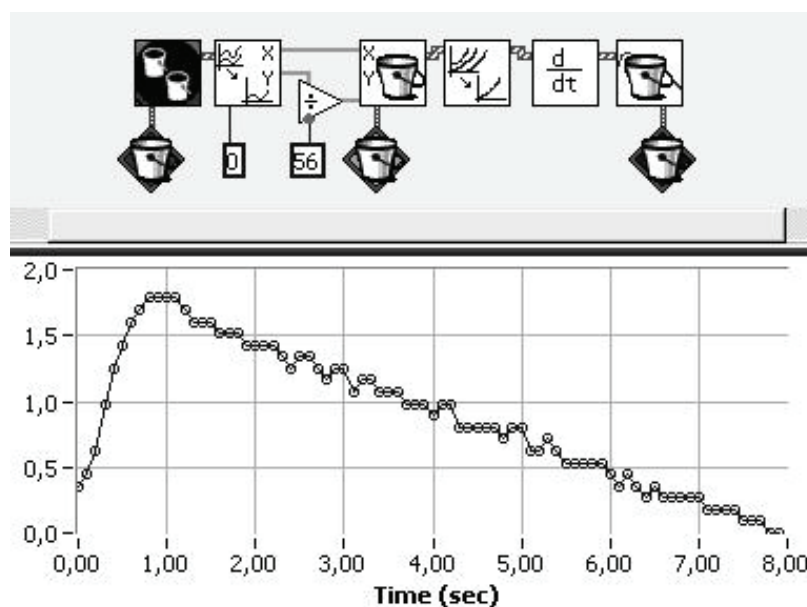
S takto upraveným a vytištěným grafem už mohou děti pracovat. Mohou určovat, jakou rychlostí se auto pohybovalo (kde rychleji či pomaleji), kde naopak stálo (dráha nepřibývá), ve kterém úseku zrychlovalo (křivka se stáčí vzhůru), jakou dráhu urazí za

nějaký časový úsek nebo za jak dlouho urazí určitou dráhu. Je možné popsat graf vymyšleným příběhem apod.

V následujícím grafu závislosti dráhy na čase je zaznamenán pohyb modelu auta, které se rozjíždí z nakloněné roviny, v čase 0,8 s dosáhne maximální rychlosti a potom postupně zpomaluje až do úplného zastavení.

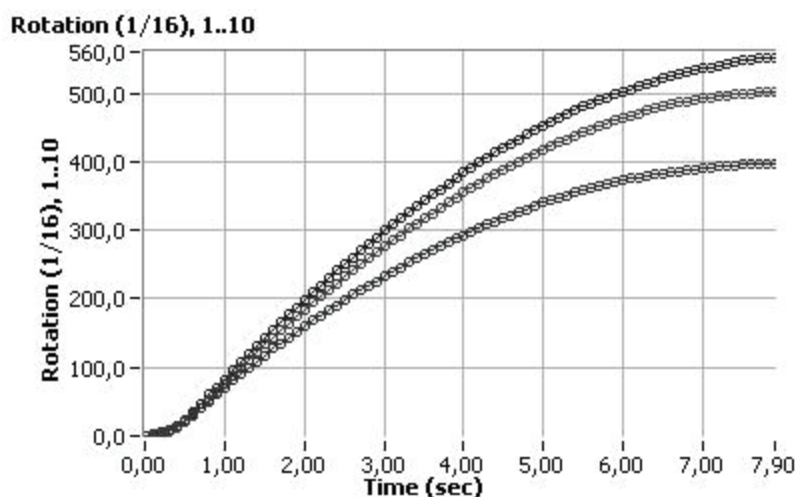


Ve výpočtové části je možné (kromě jiného) hodnoty derivovat, proto dostáváme graf závislosti rychlosti na čase.



Zde je možné určovat např. zda a kde auto zrychluje, jede stálou rychlostí (vodorovný úsek) nebo zpomaluje, jaká byla nejvyšší rychlost, za jak dlouho jí bylo dosaženo, v jakém úseku se auto pohybovalo s největším zrychlením atd. Úsek, kde model zpomaluje, je vhodné po vytištění grafu proložit křivkou (odchyly od skutečného průběhu byly způsobeny dvojím přepočítáváním hodnot programem).

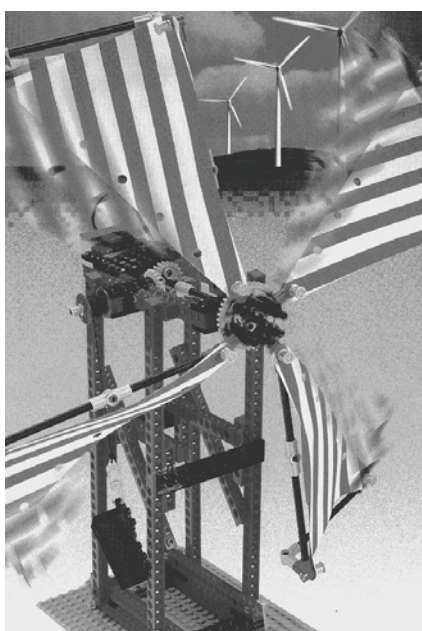
Pokud provedeme více měření (např. pro různé sklony nakloněné roviny), můžeme naměřené údaje mezi sebou porovnávat.



Další možností pro pochopení problematiky pohybu je sestavit vozidlo, které po určitém čase „tečkuje“ svoji dráhu, nebo pouze vydává světelný a zvukový signál dítěti, které pohyb zaznamenává. Ze vzdálenosti teček pak lze snadno určit, kdy jelo vozítko rychlostí stálou nebo se zrychlením (zpomalením), kdy byla rychlost větší a jak byla velká apod.

Energie a její přeměny

V této kapitole se budeme orientovat na problematiku energií a možnosti jejich přeměn. Základními díly, které nám to umožňují, jsou motor, který funguje i „obráceně“ jako dynamo, solární panel (umožňuje odběr 200 mA při 3V, osvětlený 60W žárovkou ze vzdálenosti 8 cm (10.000 lux) 40 mA při napětí 2,5V) a kondenzátor (s kapacitou 1 F, optimální el. napětí je 2,5V (maximálně 4V), odběr proudu se pohybuje od 0 do 250 mA). Společně s tradičními díly nabízejí možnost praktických fyzikálních měření a práci na vlastních projektech. Při povídání o energii, její výrobě a přeměnách, při diskusi o názorech pro a proti využívání alternativních či obnovitelných zdrojů energie jistě využijeme funkční model větrné či vodní elektrárny.



Můžeme potom proudem vody z kohoutku rozsvítit žárovku a rozezvučit sirénu. Pomocí malého slunce v podobě lampičky uvést do pohybu vozítko se solárním článkem. Snadno demonstrovat, co se stane, když přijde mrak a jak je důležité umět si energii nashromáždit (naakumulovat) do zásoby v době, kdy je jí dostatek apod.

Závěr

V tomto příspěvku jsem nastínil jen několik možností využití některých dílů Lego a programu RoboLab ve výuce. Jejich budoucnost vidím zejména v propojování fyziky s dalšími obory, v zpřístupnění informačních technologií v přírodovědných předmětech, v projektové výuce, možnosti prezentace práce dětí ve škole i na internetu.

Náměty pro práci s programem naleznete na stránkách naší školy: www.zs28-plzen.wz.cz.

Případné připomínky, dotazy, komentáře adresujte na: majklzub@centrum.cz.

Příloha

Konkrétní ukázkou využití ve výuce fyziky ukazuje následující příloha, týkající se měření dráhy.

Měření dráhy – pro 7. ročník ZŠ

náročnost na stavbu: středně těžká

náročnost na programování: INVESTIGATOR – Level 4 (středně těžká)

rozsah: 2 vyučovací hodiny

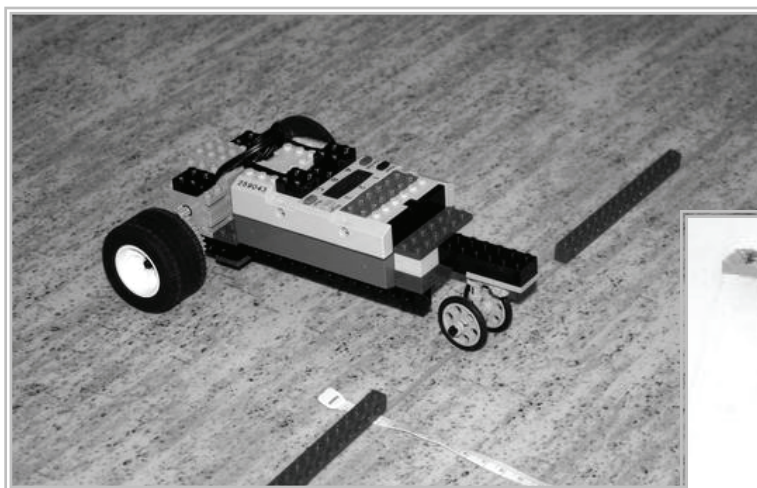
pomůcky: RCX kostka + software ROBOLAB, stavebnice LEGO, měřidlo

Automobily jsou neodmyslitelnou součástí našeho života. I když nám někdy znepříjemňují život svými zplodinami, dá se říci, že nám život usnadňují. Pomáhají nám s přepravou těžkých nákladů nebo s dopravou na dlouhé vzdálenosti.

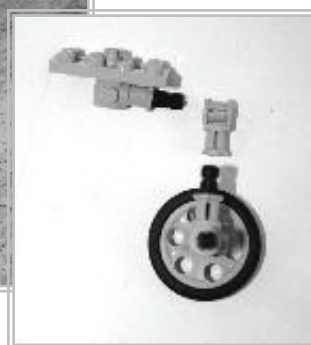
V tomto cvičení si vyzkoušíme měření dráhy a výpočet rychlosti vašeho automobilu, který sestavíte.

Úkoly:

1) Sestavte podle obrázku 1 z LEGA automobil:



Obr. 1



Obr. 2

- základem bude RCX kostka
- pohon tvoří dva 2 motory, které pohání levou a pravou nápravu zvlášť
- převod hnací síly bude zajištěn pomocí řemenu (gumičky)
- přední náprava bude vyřešena otáčivým kloubem se dvěma koly (viz. obrázek 2)

2) Vymyslete a následně naprogramujte v ROBOLABU program, který:

- počká 1 sekundu
- po 1 sekundě se automobil rozpohybuje rychlostí 5 na dobu 8 sekund
- bude vydávat zvukový signál v intervalu 1 sekundy
- program bude využívat cyklu (8 krát se zopakuje)

3) Připravte si měřicí dráhu

- budete potřebovat přibližně 3 x 1 metr prostoru.
- na podlaze si vyznačte startovní čáru (použijte např. LEGO kostky)

- připravte si LEGO kostky, kterými budete vyznačovat ujetou dráhu automobilu
- 4) Měření
- do RCX kostky nahrajte vytvořený program
 - připravte automobil předními koly na startovní čáru
 - spustěte program
 - po každém zvukovém znamení položte na úroveň předních kol značku (LEGO kostku)
 - po zastavení automobilu změřte vzdálenost jednotlivých značek od startovací čáry a údaje si запиšte do tabulky
 - pro větší přesnost měření třikrát zopakujte a vypočítejte z naměřených hodnot průměrné hodnoty
- 5) Změna převodu hnací síly
- přestavte automobil tak, aby byl poháněn ozubenými koly
 - na motory nasadte kolečko s 8 zuby a na osy kolečka s 24 zuby
 - zopakujte měření ujeté vzdálenosti
 - naměřené hodnoty запиšte do tabulky
 - změňte převod hnací síly - na motory nasadte kolečko s 24 zuby a na osy kolečka s 8 zuby
 - zopakujte měření ujeté vzdálenosti
 - naměřené hodnoty запиšte do tabulky
- 6) Kreslení grafu
- do jednoho grafu zakreslete křivky ze dvou měření
 - průběh dráhy s pohonem pomocí gumičky
 - průběh dráhy s pohonem ozubenými koly (malé kolečko na motoru a velké na osách)

Pracovní list

1) Doplněte tabulky naměřenými hodnotami.

Tabulka ①

Převod pomocí řemenu

	t [s]	1	2	3	4	5	6	7	8
s [cm]	1.měření								
	2.měření								
	3.měření								
Průměr z měření									

Vypočtená celková průměrná rychlost:.....

Tabulka ②

Převod ozubenými koly – 8 zubů na motoru a 24 zubů na ose

	t [s]	1	2	3	4	5	6	7	8
s [cm]	1.měření								
	2.měření								
	3.měření								
Průměr z měření									

Vypočtená celková průměrná rychlost:.....

Tabulka ③

Převod ozubenými koly – 24 zubů na motoru a 8 zubů na ose

	t [s]	1	2	3	4	5	6	7	8
s [cm]	1.měření								
	2.měření								
	3.měření								
Průměr z měření									

Vypočtená celková průměrná rychlost:

2) Odpovězte na následující otázky

- Proč jede automobil rychleji, když je na motoru ozubené kolečko s 24 zuby, než ozubené kolečko s 8 zuby?

.....

Přepočítejte průměrnou celkovou rychlost z tabulky ③ z cm/s na hodnotu v km/h.

výpočet:

- Za jak dlouho by touto rychlostí dojel váš automobil z Plzně do Prahy?
-
- Průměrná rychlost Formule 1 v závodu je 225 km/h, za jak dlouho byste z Plzně do Prahy dojezdili formulí?

.....

- Jak se jmenuje zařízení, které měří rychlost ve skutečném automobilu?

.....

- Jaká je maximální povolená rychlost v obci a na dálnici v České republice?

v obci km/h

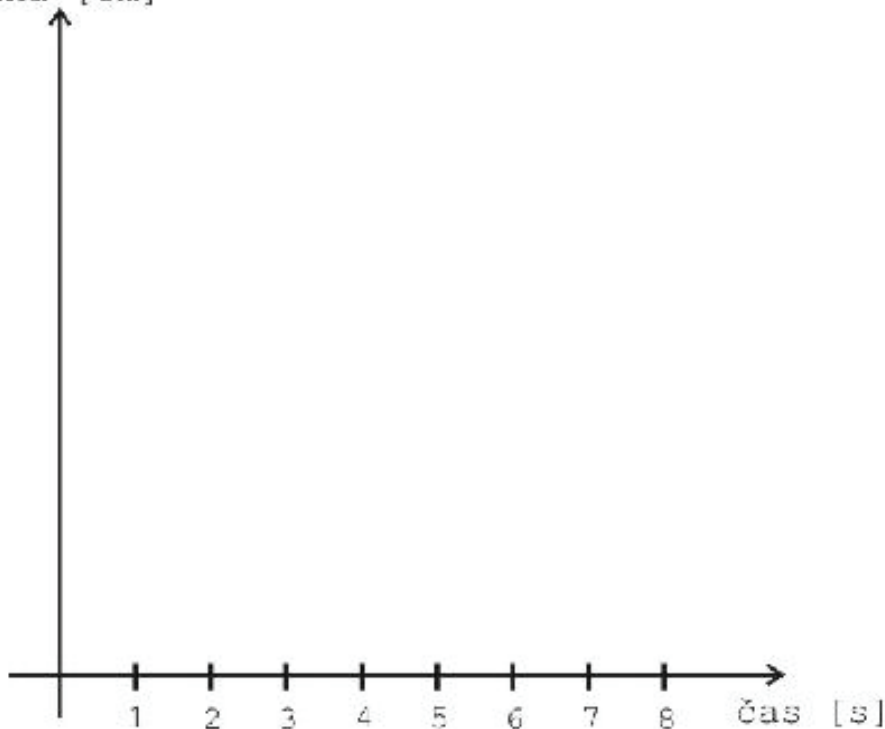
na dálnici km/h

- Jakou gravitační silou je automobil přitahován k zemi?

výpočet:

3) Zakreslete do grafu průměrné hodnoty z tabulek ② a ③

dráha [cm]



Tajemství ochranného kolíku

Peter Žilavý

Katedra didaktiky fyziky, MFF UK Praha

Abstrakt

Elektrické spotřebiče jsou v dnešní době již neodmyslitelnou součástí našeho života. Jedním ze základních požadavků kladených na ně je jejich bezpečnost jak vůči majetku (požár), tak i vůči živým bytostem (úraz elektrickým proudem).

Článek se zabývá, učeně řečeno, základními principy ochrany proti nadproudům a zkratovým proudům a tzv. ochranou neživých částí elektrických zařízení samočinným odpojením od zdroje (funkce ochranného kolíku). Jeho část je také věnována i ochraně proudovým chráničem. Článek je určen pro čtenáře - začátečníky hledající základní informace týkající se běžných elektrických instalací.

Úvod

Vlastní začátky vzniku elektrizačních soustav spadají asi do poloviny 19. století, kdy objev elektrického dynama umožnil poprvé přeměnu mechanické energie v elektrickou. Zpočátku se elektrická energie přenášela v podobě stejnosměrného proudu, při prudkém rozvoji elektrizace však vznikla zásadní překážka v nemožnosti výroby a přenosu větších výkonů pomocí vyššího napětí.

Střídavý proud a možnost jeho výroby byl koncem roku 1870 již znám. Teprve však pozdější, po sobě následující objevy synchronního alternátoru pro výrobu větších výkonů trojfázového proudu, dále objev transformátoru pro potřebné zvyšování napětí na přenos a využití objevu Teslova točivého magnetického pole v asynchronním motoru, znamenaly zásadní změnu v rozvoji elektrizace střídavým proudem [1].

Zvyšující se napětí a přenášený výkon v elektrizačních soustavách na přelomu 19. a 20. století přinesly potřebu chránit před nebezpečným dotykem nejen živé, ale i neživé části elektrických zařízení. Živými částmi přitom rozumíme ty části, které jsou při normálním provozu zařízení pod napětím nebo vedou el. proud („vnitřnosti“ elektrických přístrojů), na neživých částech se naopak napětí vůči zemi vyskytne pouze v případě poruchy. Neživými částmi jsou například kovové kryty či vodivá dráždla elektrických spotřebičů.

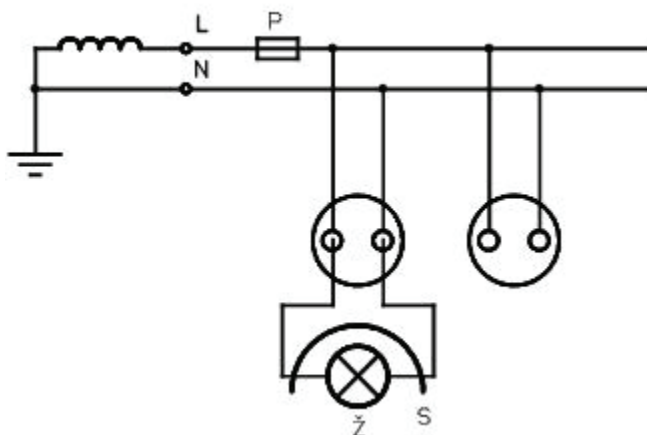
Mezi nejběžnější ochrany živých částí patří např. *ochrana krytím* (kryt je součástí el. zařízení - důkladnost této ochrany závisí na prostředí, do kterého je zařízení určeno), *ochrana polohou* (živé části jsou mimo dosah – např. na sloupu) či *ochrana izolací*. Ochrana izolací spočívá ve vybavení živých částí tak důkladnou izolací, že je dotyk s nimi vyloučen (dvojitá izolace, zesílená izolace). Elektrický spotřebič vybaven touto ochranou je označován jako elektrický předmět třídy II. Na krytu je označen symbolem dvou „soustředných“ čtverců a k elektrické zásuvce se připojuje pomocí dvojpólové vidlice bez ochranného kolíku.

Mezi ochrany neživých částí patří tzv. *ochrana samočinným odpojením od zdroje*. Tento název v sobě zahrnuje staré názvy ochrany *zemněním*, *nulováním a napěťovým a proudovým chráničem*. Klíčovou roli v případě této ochrany hrají přístroje odpojovací vadnou část tj. pojistky, jističe a chrániče. Princip činnosti této ochrany je předmětem dalších odstavců.

Elektřina v počátcích

Od počátků elektrifikace se v kontinentální Evropě používal Edisonův nechráněný (bez ochranného kolíku) systém domovních zásuvek a vidlic s válcovými pracovními kolíky na vidlici. Dutinky zásuvek nebyly vytvářeny jako díly s pružnými částmi, pružení zabezpečoval podélně rozříznutý a předpružený kolík. Později byla koncepce vidlic a zásuvek změněna, pružení již musely zajistit dutinky.

Příklad zapojení těchto nechráněných zásuvek a elektrických spotřebičů (jednofázové připojení) v počátcích elektrifikace ukazuje obr.1. Písmenem L (Live) je označen fázový vodič, písmenem N (Neutral) je označen střední vodič. Střední vodič je spojen s uzlem trojfázového distribučního transformátoru a se zemí. „Cesta proudu“ začíná na svorce L sekundárního vinutí transformátoru, pokračuje přes pojistku P, levou dutinku zásuvky, spotřebič, pravou dutinku zásuvky, střední vodič N až do uzlu transformátoru.

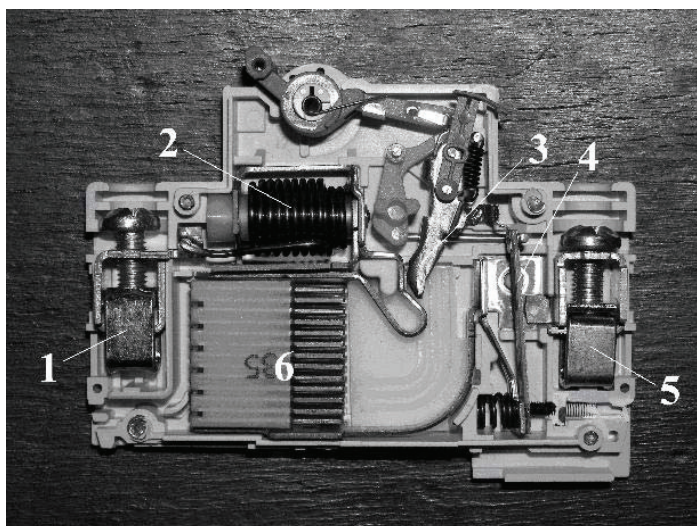


Obr.1

Úkolem pojistky P bylo zde odpojit vadnou část při zkratu či přetížení a ochránit tak vedení, spotřebič či jiný majetek od požáru vzniklého nadměrným zahřáním vodičů zkratovými proudy či nadproudy.

Princip pojistky spočívá v přetavení tenkého drátku z lehce tavitelného kovu (Woodův kov, stříbrný drátek...) při proudu větším, než je jmenovitý proud pojistky. Drátek je přitom „obalen“ křemenným pískem, který pomůže uhasit elektrický oblouk vznikající při přerušení obvodu s proudem. Doba potřebná na přerušení obvodu přitom závisí na tom, kolikrát je překročen jmenovitý proud. Rozlišujeme také mezi pojistkami „pro vedení“ a pojistkami se zpožděnou charakteristikou (tzv. „motorové“) umožňující krátkodobé přetížení vznikající např. při rozběhu elektromotoru.

S postupem času byly tavné pojistky nahrazovány postupně jističi (i když je i dnes celá řada aplikací, kde se tavné pojistky používají). Příklad jističe z dnešní doby (2005) je zobrazen na obr. 2. Součástí jističe je tzv. elektromagnetická spoušť, která způsobí rychlé vypnutí jističe při velkých proudech - např. při zkratu nebo při několikanásobném (5 až 7 krát) překročení jmenovitého proudu jističe a tzv. tepelná spoušť (pomalá - pracující na principu bimetalového pásku), která způsobí vypnutí jističe po určité době při přetížení (nadproudu).



Obr.2 Jedopólový jistič

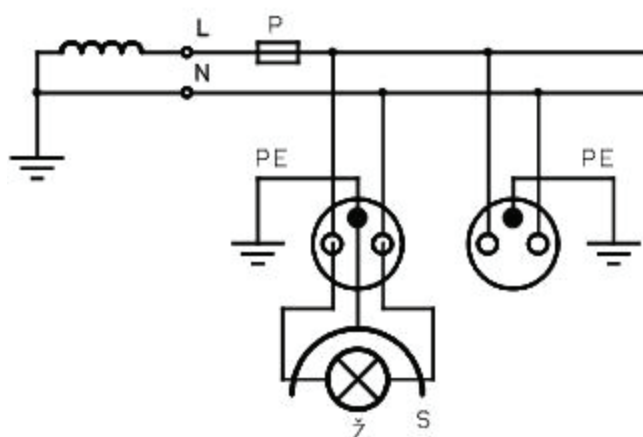
„Cesta proudu“ jističem začíná svorkou (1). Poté proud prochází cívkou (2) elektromagnetické spouště a následně rozpínacím kontaktem (3). Proud pak prochází bimetalovým páskem (4) tepelné spouště ke svorce (5). Důležitou součástí jističe je také zhášecí komora (6) – místo, kam je vytažen elektrický oblouk vznikající při rozpínání obvodu s proudem.

Ochrana neživých částí samočinným odpojením od zdroje

Častou poruchou elektrických přístrojů (lampička, pračka, lednice...) je nechtěné spojení jejich vnitřních živých částí s kovovým krytem přístroje („upadlý“ vodič uvnitř, poškozená izolace atd.). Pokud tak dojde k dotyku fázového vodiče (nebo jiné živé části pod napětím vůči střednímu vodiči) s krytem přístroje, objeví se na tomto krytu nebezpečné dotykové napětí vůči zemi. Jestliže se takto poškozeného přístroje dotýká živá bytost (člověk, zvíře) současně s jiným uzemněným předmětem (vodovodní kohoutek, topení, vodivá podlaha atd.), může dojít k úrazu elektrickým proudem. Cesta poruchového proudu v tomto případě začíná na živém konci sekundárního vinutí distribučního transformátoru (viz obr.1) a pokračuje pojistkou a fázovým vodičem (L) přes dutinku zásuvky do spotřebiče, dále nechtěným spojením na kostru přístroje a pak přes dotýkající se osobu a uzemněný předmět zemí zpět k uzlu distribučního transformátoru. Velikost tohoto proudu je především dána odporem živé bytosti - přechodovými odpory mezi tělem bytosti a krytem přístroje či uzemněného předmětu (suché nebo vlhké ruce...). Poruchový proud nestačí na to, aby jistič či pojistka odpojily spotřebič od sítě. V nepříznivém případě, když se již živá bytost sama nezvládne pustit krytu přístroje, může pak nebezpečný proud působit trvale...

Sít' TT

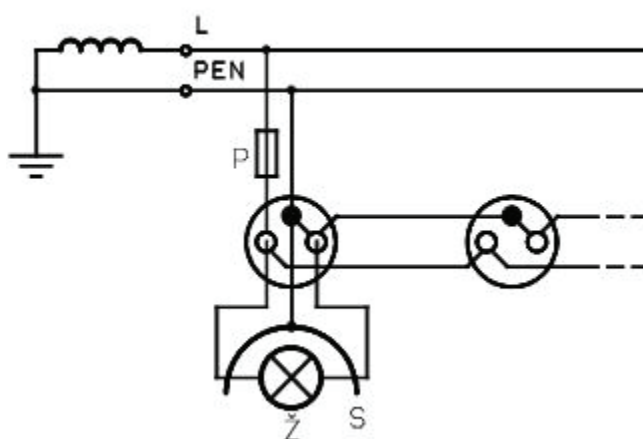
Jedno z možných řešení tohoto problému je dodatečné spojení kovových krytů přístrojů se zemí (obr.3) vodičem PE (Protective Earth). Vznikne tak tzv. sít' TT (první T znamená spojení uzlu distribučního transformátoru se zemí, druhé T označuje propojení neživých částí se zemí). Spojení krytu přístroje se zemí sice omezí velikost nebezpečných dotykových napětí, avšak v důsledku mnohdy velké impedance smyčky (procházející přes dvě uzemnění) nestačí poruchový proud k tomu, aby nadproudový jistící prvek (pojistka, jistič) odpojil v dostatečně krátké době poškozený přístroj od sítě. Dotykové napětí vůči zemi také velmi závisí na kvalitě provedení uzemnění. Sítě TT se u nás vyskytují pouze v omezené míře a jsou postupně nahrazovány sítěmi TN.



Obr.3 Ochrana před nebezpečným dotykovým napětím v síti TT

Síť TN-C

Problém dlouhé doby odpojení poškozeného přístroje v síti TT řeší náhrada cesty poruchového proudu zemí tzv. nulovacím vodičem PEN tak, jako to ukazuje obr.4. Vodič PEN zde plní současně funkci pracovní (protékají jím pracovní proudy připojených elektrických spotřebičů) i funkci ochrannou. V případě poruchy – spojení fázového vodiče s kostrou S spotřebiče (např. kovového stínítka lampičky či kovového krytu žehličky) prochází poruchový proud z fázového vodiče (L) přes pojistku a levou dutinku zásuvky ke spotřebiči, v místě poruchy se pak dostává na kostru přístroje a ochranným vodičem se přes ochranný kolík a vodič PEN vrací do uzlu transformátoru. Jelikož v tomto případě není poruchový proud omezen odporem spotřebiče, je jeho velikost dána pouze napětím sítě a impedancí smyčky („cesty proudu“).



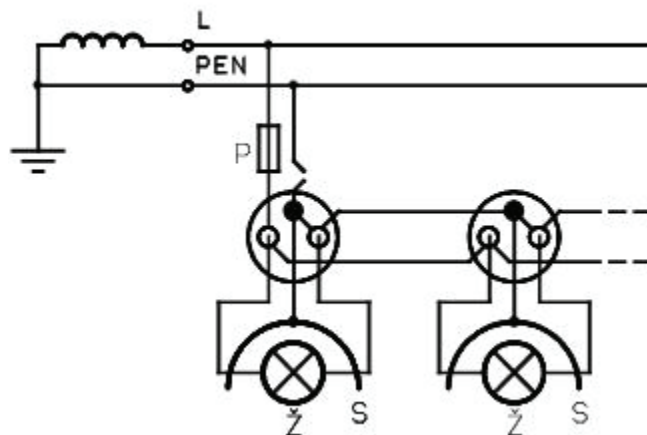
Obr.4 Ochrana samočinným odpojením od zdroje v síti TN-C

Velikost poruchového proudu je při správně navržené instalaci (dostatečné průřezy vodičů atd.) a při jejím správném použití (vhodné pohyblivé přívody ke spotřebičům, krátké prodlužovací šňůry) dostatečná k tomu, aby nadproudový jističí prvek (pojistka, jistič) odpojil v předepsané krátké době vadný spotřebič od sítě. Popsaná ochrana se dříve označovala jako *ochrana nulováním* (dnes ochrana samočinným odpojením od zdroje).

Při provádění elektrické instalace je potřeba respektovat normou předepsané (domluvené) barevné značení vodičů. Fázový vodič (L) je označen černou nebo hnědou barvou (barva izolace), střednímu vodiči (N) náleží světlemodrá barva a ochrannému vodiči (PE) žlutozelená barva (= žlutá barva se zeleným pruhem). Jelikož je v síti TN-C u vodiče PEN funkce ochranná nadřazena funkci pracovní, označuje se tento vodič také žlutozelenou barvou. V případě sítě TN-C tedy „ve zdi“ přichází k zásuvce černý a žlutozelený vodič, v zásuvce je vodič PEN rozdělen na ochranný vodič a střední vodič a tyto vodiče pak už ve svých barvách (žlutozelená a světlemodrá) pokračují spolu s hnědým (černým) fázovým vodičem uvnitř síťové šňůry ke spotřebiči.

Spojení kovových krytů přístrojů s vodičem PEN však přináší i některé negativní jevy. Například v důsledku protékajících pracovních proudů vodičem PEN vznikají (malé ale přesto znatelné) rozdíly potenciálů mezi ochrannými kolíky jednotlivých zásuvek. Tyto rozdíly nejsou pro obsluhu nebezpečné, přinášejí ale problémy, pokud jsou přístroje propojeny navzájem ještě signálovými kabely. Může jít například o počítače propojené v počítačové síti nebo přístroje tvořící audio/video řetězec (známé potíže s „vrčením“ či vlněním obrazu). Rozdíl potenciálů mezi ochrannými kolíky zásuvek se prostřednictvím kovových krytů často přenáší právě na uvedené signálové kabely a ovlivňuje tak přenášenou informaci.

Závažným nedostatkem popsané ochrany nulováním je i ohrožení bezpečnosti v případě přerušení vodiče PEN například v důsledku jím protékajících velkých pracovních proudů spotřebičů. Velice častou závadou je například „upálení“ vodiče pod špatně dotaženým šroubem v elektrické zásuvce (hlavně u hliníkových vodičů). Nebezpečnou situaci ukazuje obr.5.



Obr.5 Nebezpečí při přerušení vodiče PEN v síti TN-C

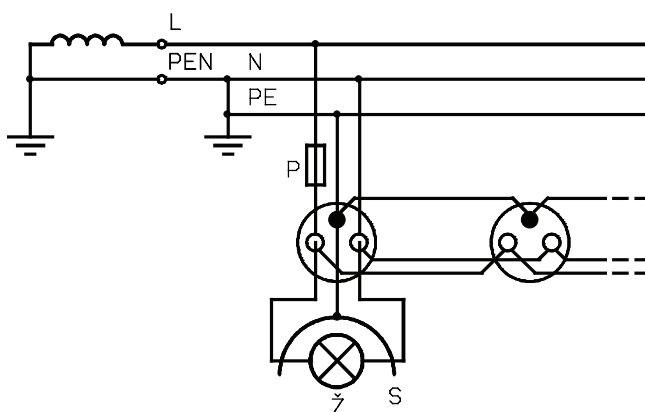
Proud vycházející ze živého konce vinutí distribučního transformátoru (viz obr.5) se po průchodu pojistkou a spotřebičem (spotřebiči) vrací do pravé dutinky zásuvky a odtud pokračuje k ochrannému kolíku zásuvky. Jelikož je v tomto případě přímá cesta k uzlu transformátoru přerušena (přerušen vodič PEN), proud pokračuje dále ochrannými vodiči (PE) pohyblivých přívodů (síťových šňůr) spotřebičů na jejich kovové kryty a přes dotýkající se obsluhu přes zem do uzlu distribučního transformátoru. Dotýkající se živá bytost je v tomto případě sériově spojena s odporem spotřebičů. Protože je odpor lidského těla obvykle výrazně větší, než je odpor vlákna žárovky, topné spirály žehličky či jiného spotřebiče, objeví se na krytu přístroje nebezpečné dotykové napětí téměř v plné výši napětí sítě. Popsaná situace je ještě zákeřnější v případě, když je spotřebič vlevo na obr.5

(např. lampička) připojen k zásuvce, avšak je vypnut síťovým vypínačem (na obrázku nezakreslen - přerušuje pouze fázový a popřípadě i střední vodič, ochranný vodič je trvale připojen ke krytu přístroje). Nic netušící obsluhou (dotýkající se krytu spotřebiče připojeného k levé zásuvce) zde může procházet proud, který se „dostal“ na ochranný kolík levé zásuvky přes zapnutý spotřebič zapojený v pravé zásuvce (umístěné například v sousední místnosti...).

Sítě TN-C se u nás (na rozdíl od „západních“ zemí) přes všechny jejich nevýhody používaly (z důvodu šetření materiálem) téměř až do konce 20. století a teprve teď jsou při rekonstrukcích či nových projektech postupně nahrazovány bezpečnějšími sítěmi TN-S.

Síť TN-S

Uvedeným nedostatkům sítě TN-C se dá částečně čelit rozdělením vodiče PEN na zvláštní ochranný vodič PE a samostatný pracovní střední vodič N v místě blíže k uzlu distribučního transformátoru tak, jako to ukazuje obr.6. Obvykle je toto rozdělení provedeno v místě měření spotřeby elektrické energie (u elektroměru) nebo v následném podružném rozvaděči. V místě rozdělení vodiče PEN by měl být vodič PE uzemněn.



Obr.6 Ochrana samočinným odpojením od zdroje v síti TN-S

V případě sítě TN-S tedy „ve zdi“ přichází k zásuvce tři vodiče – černý nebo hnědý (fázový), světlemodrý (střední) a žlutozelený (ochranný). Tyto vodiče pak ve stejných barvách pokračují i uvnitř síťové šňůry ke spotřebiči.

Princip činnosti ochrany samočinným odpojením od zdroje v síti TN-S je podobný jako v případě sítě TN-C. Na rozdíl od předchozího případu ale zde neprochází ochranným vodičem pracovní proudy elektrických spotřebičů. Nevznikají tedy uvedené potenciálové rozdíly mezi ochrannými kolíky různých zásuvek a je také menší pravděpodobnost přerušení vodiče PE (vodič není během normální funkce elektrických spotřebičů zatěžován). Na druhou stranu ale, v případě přerušení vodiče PE např. v důsledku jeho mechanického poškození nás na tuto skutečnost „nic neupozorní“. Elektrické spotřebiče v tomto případě řádně pracují (na rozdíl od situace při přerušení vodiče PEN v síti TN-C). Teprve při souběhu s další poruchou, kdy dojde ke spojení fázového vodiče s kovovým krytem u některého z připojených spotřebičů může nastat situace podobná té na obr.5.

Podobně jako v síti TN-C, lze i u sítě TN-S vznést argument, že může dojít k přerušení vodiče PEN ještě před jeho rozdělením na vodič PE a N a tím k situaci popsané na obr.5. Rozdělení vodiče PEN je však obvykle provedeno v místech s větším průřezem vodičů a

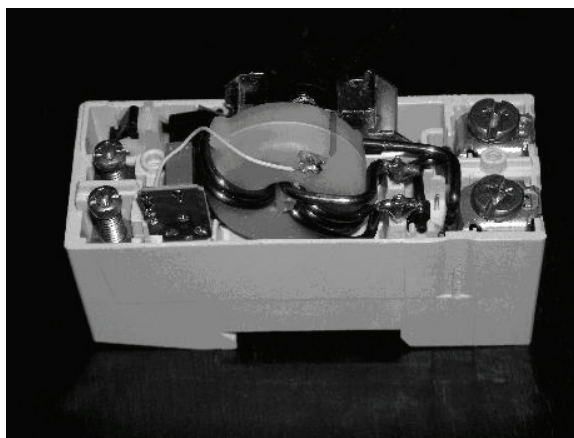
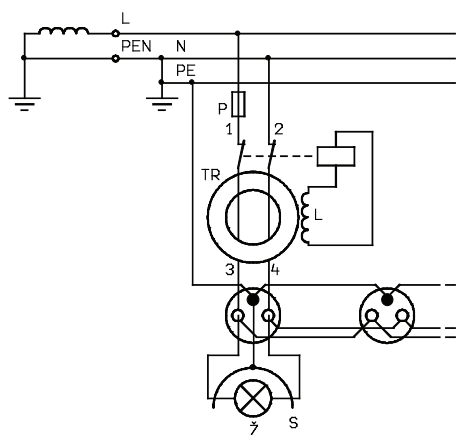
pomocí robustnějších svorkovnic, takže pravděpodobnost této poruchy je výrazně menší než v předchozím případě.

Jak již bylo uvedeno, popsaná ochrana samočinným odpojením od zdroje v sítích TT, TN-C i TN-S vyžaduje ke své správné funkci dosažení dostatečně velkého poruchového proudu, který způsobí vypnutí předřazeného jistícího prvku. V řadě případů (nedokonalé spojení s kostrou při poruše, velká jmenovitá hodnota jističe, dlouhé vodiče...) však tomu tak není a porucha se v obvodu může vyskytovat příliš dlouho. Popsanou situaci řeší použití proudového chrániče.

Proudový chránič

Jednoduše řečeno, úkolem proudového chrániče je „hlídat“, aby se proud vytékající z fázového vodiče (L) všechen vracel do vodiče středního (N). Pokud nastane větší odchylka v těchto proudech než je určitá malá předepsaná hodnota (viz dále), proudový chránič odpojí chráněné zařízení od sítě. Odchylka může nastat právě tím, že se část proudu uzavírá přes kovový kryt přístroje a ochranný vodič (nebo přes dotýkající se živou bytost) a nevrací se středním vodičem (N).

Základem proudového chrániče je tzv. diferenciální transformátor (TR). Na toroidním jádře jsou navinuta dvě vinutí o malém (stejném) počtu závitů ze silného vodiče, kterými protékají pracovní proudy spotřebiče (viz obr.7 vpravo – 2 x 3závity). Smysl těchto vinutí je takový, aby při rovnosti okamžitých hodnot proudu vytékajícího z fázového vodiče a proudu vracějícího se do středního vodiče byla okamžitá hodnota magnetické indukce v jádře transformátoru vždy rovna nule (aby se „dílčí magnetická pole“ od obou vinutí navzájem odečetla).



Obr.7 Proudový chránič

Na toroidním jádře je dále navinuto třetí vinutí (L) z tenkého vodiče o velkém počtu závitů. Na obr.7 vpravo je toto vinutí pod plastovým krytem toroidního transformátoru – jsou vidět jeho přírodní svorky – k jedné z nich je připojen tenký bílý vodič.

Pokud dojde k poruše ve spotřebiči (např. ke spojení fázového vodiče s kovovým krytem přístroje) za proudovým chráničem, rozdíl proudů v prvních dvou cívkách způsobí výsledné nenulové (střídavé) magnetické pole v jádře transformátoru. V důsledku tohoto pole se ve třetí cívkě s velkým počtem závitů indukuje napětí. Toto napětí po přivedení na elektromagnet vypínací spouště způsobí následné rozpojení kontaktů a odpojení vadného spotřebiče od sítě. Opětovné připojení chráněného spotřebiče k síti je pak možné pouze mechanicky pomocí ovládací páčky.

Proudové chrániče používané pro ochranu před nebezpečným dotykem jsou konstruovány tak, aby vypnuly již při rozdílu proudů do 30 mA během 0,2 s. Připomeňme přitom, že fázovým a středním vodičem (a tedy i vinutími diferenciálního transformátoru) mohou téct pracovní proudy řádu desítek ampér – při proudu 30 A tedy proudový chránič reaguje na rozdíl proudů, který je tisíckrát menší než je pracovní proud.

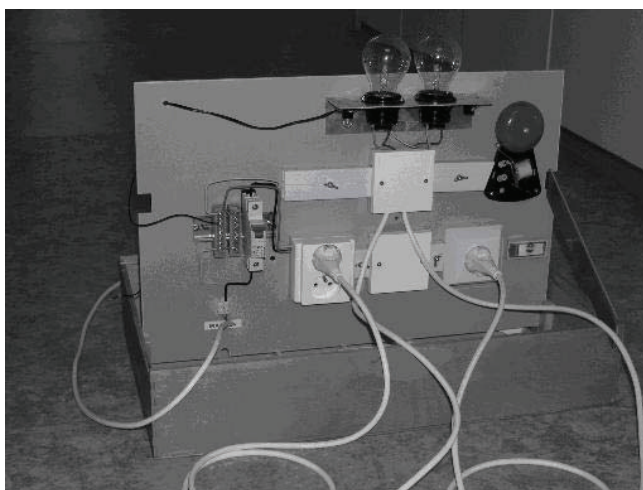
Samotný proudový chránič nechrání před zkratem mezi fázovým a středním vodičem a musí mu proto být předřazen jistící prvek (pojistka, jistič).

Proudové chrániče jsou opatřeny testovacím tlačítkem (v obr.7 nezakresleno). Sériová kombinace tohoto tlačítka s rezistorem je zapojena mezi svorky 2 a 3 chrániče (viz obr.7). Stiskem tlačítka se tak simuluje porucha (proud prochází pouze jedním vinutím diferenciálního transformátoru). Výrobce obvykle předepisuje pravidelné provádění této kontroly funkce chrániče (např. jednou za 6 měsíců).

Proudový chránič (jak plyne z principu jeho činnosti) chrání i před nebezpečným dotykem živých částí. Například, pokud se živá bytost dotkne přímo fázového vodiče (například dítě vsune hřebík do levé dutinky zásuvky) a proud touto bytostí překročí hodnotu 30mA, odpojí proudový chránič tuto zásuvku. Nepomůže však při současném dotyku fázového a středního vodiče (hřebíky v obou dutinkách zásuvky...).

Bezpečná a názorná demonstrace ochrany samočinným odpojením od zdroje

Pro názorné praktické předvedení funkce ochrany samočinným odpojením od zdroje (včetně použití proudového chrániče) je možno použít upravenou školní pomůcku, kterou v 80. letech minulého století dodával do škol n.p. Komenium Praha a Dipra Praha. Název této pomůcky je Elektromontážní souprava. Pomůcka (sestavená z běžně dostupných součástí pro elektrické instalace) se používala v pracovním vyučování na základních školách nebo při praktické výuce odborných škol. Pomůcku je také možno jednoduše vyrobit (obr. 8).



Obr. 8 Upravená elektromontážní souprava

Souprava umožňovala dle přiložených pracovních listů poznat základní elektromontážní práce a principy činnosti, které se uplatňují v bytovém rozvodu elektrické energie (nutno ale podotknout, že vzhledem k doplňování a obměně norem jsou již dnes tyto listy částečně zastaralé). Základ soupravy tvoří plastový panel umístěný ve dřevěné krabici, na kterém jsou upevněny běžné instalační krabice pro lištový rozvod. Do těchto krabic se pak

instalují a zapojují reálné součásti (vypínače, zásuvky, tlačítka...). Na panelu jsou dále připevněny dvě velké objímky pro žárovky se závitem E27 a dvě malé objímky pro žárovičky se závitem E7 (jako do kapesní svítilny) pomocí kovového úhelníku s vyvedenou svorkou. Tento úhelník simuluje také funkci kovového krytu elektrického spotřebiče.

Rekonstrukce a modernizace této soupravy pro náš účel spočívá ve vyčištění soupravy a dokoupení chybějících či poškozených součástí. Původní jištění tavnou pojistkou se přitom nahradí jističem 6A (charakteristika „B“). Na společnou lištu, na které je upevněn jistič, se také nasunou svorkovnice pro vodiče PE a N a podle finančních možností (a také dle požadovaného účelu) také proudový chránič ($I_n = 25A$, $I_{\Delta n} = 30mA$).

I když je souprava sestavena ze součástí pro běžnou elektrickou instalaci (230V), napájíme ji ze školního zdroje (nebo školního rozvodu) bezpečného střídavého napětí 24V (jištění min 8A). Tomu odpovídá i použití velkých žárovek (závit E27) **24V 75W** (dostupné např. ve velkoobchodě elektro). **Při tomto způsobu napájení** lze bezpečně a opakovaně demonstrovat činnost jističe (cíleným vytvořením zkratu mezi fázovým a středním vodičem) a také demonstrovat funkci popsaných ochran samočinným odpojením od zdroje (fázový vodič se spojí pomocí kusu vodiče s „kostrou přístroje“ - kovovým úhelníkem spojeným s ochranným vodičem). Při demonstraci přitom vycházíme z popisu a schémat uvedených v předchozích odstavcích.

Souprava nesmí být připojena k síťovému napětí 230V!

Závěr

Tento článek není univerzálním návodem pro zřizování či opravy rozvodů elektrické energie v bytě, domě nebo v laboratoři. Tuto činnost smějí provádět pouze pracovníci s odpovídající elektrotechnickou kvalifikací. Umožňuje však poznat a prozkoumat, jak jsou zapojeny elektrické obvody a jaké součástky se v nich používají.

Literatura:

- [1] http://www.pre.cz/pre/nase_spolecnost/vice_o_pre/historie.html
- [2] <http://www.elektrika.cz>
- [3] V.Honys: *Nová příručka pro zkoušky elektrotechniků 1997-8*, IN-EL Praha (1997)
- [4] Komenium n.p. Praha: *Elektromontážní souprava, návod k použití* (1984)
- [5] Norma: ČSN 33-2000-4-41

Autoři příspěvků

Autor	Pracoviště/adresa	E-mail
RNDr. Zdenka Broklová	Katedra didaktiky fyziky MFF UK, V Holešovičkách 2, 182 00 Praha 8	zdenka.broklova@mff.cuni.cz
Mgr. Miroslav Burda	SPŠ Strojnická a VOŠ Technická, Brno	miroslav.burda@spssbrno.cz
RNDr. Miroslava Černá	ZŠ Jungmannova 655, 784 01 Litovel	cerna@zsjl.cz
Mgr. Marek Česal	Hvězdárna Rokycany, Zahradní 22, 326 00 Plzeň	mcesal@volny.cz
RNDr. Zdeněk Drozd, Ph.D.	Katedra didaktiky fyziky MFF UK, V Holešovičkách 2, 182 00 Praha 8	Zdenek.Drozd@mff.cuni.cz
doc. RNDr. Leoš Dvořák, CSc.	Katedra didaktiky fyziky MFF UK, V Holešovičkách 2, 182 00 Praha 8	Leos.Dvorak@mff.cuni.cz
Mgr. Stanislav Gottwald	Gymnázium Špitálská 2, 190 00 Praha 9	stanislav.gottwald@gymspit.cz
Mgr. Miroslav Jílek	Gymnázium Polička	miroslav.jilek@matfyz.cz
RNDr. Jan Koupil	Katedra didaktiky fyziky MFF UK, V Holešovičkách 2, 182 00 Praha 8	jan.koupil@mff.cuni.cz
Radim Kusák	Student MFF UK Praha	radim.kusak@mska.cz
Mgr. Václav Pazdera	Gymnázium, Čajkovského 9, 779 00 Olomouc	pvaclav@centrum.cz
Dr. Gorazd Planinšič	Faculty of Mathematics and Physics, University of Ljubljana, Slovenia	gorazd.planinsic@fmf.uni-lj.si
Mgr. Zdeněk Polák	Jiráskovo Gymnázium, Řezníčkova 451, 547 44 Náchod	polak@gymnachod.cz
Mgr. Zdeněk Rakušan	Gymnázium a SPgŠ Jeronýmova 27 460 07 Liberec 7	zdenny@email.cz
Mgr. Jaroslav Reichl	Střední průmyslová škola sdělovací techniky Praha, Panská 3, 110 00 Praha 1	reichl@panska.cz
Mgr. Jiří Vinter	Mosled, s.r.o, 373 11 Ledenice	jiri.vinter@post.cz
Mgr. Michal Zoubek	28. ZŠ Plzeň Rodinná 39, 312 00 Plzeň	majklzub@centrum.cz
RNDr. Peter Žilavý, Ph.D.	Katedra didaktiky fyziky MFF UK, V Holešovičkách 2, 182 00 Praha 8	zilavy@telecom.cz