



Pedagogická
fakulta
Faculty
of Education

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Pedagogická fakulta

Katedra aplikované fyziky a techniky

Bakalářská práce

Fyzikální experimenty s improvizovanými pomůckami při výuce fyziky

Vypracoval: Ondřej Fidler

Vedoucí práce: doc. PaedDr. Jiří Tesař, Ph.D.

České Budějovice 2016

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě - v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Pedagogickou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V českých Budějovicích dne 29. dubna 2016

.....

Jméno a příjmení

Anotace

Hlavní cíl práce - přiblížit fyziku žákům zábavnou formou. Práce se zabývá rozborem pokusů. Poté následuje analýza těchto pokusů, kde se používají improvizované pomůcky. Vyhodnocení fyzikálních jevů v těchto pokusech. Pokusy jsou rozděleny do šesti kategorií - hydromechanika, tlak a objem kapalin, optické jevy, šíření zvuku, magnetické a elektrické síly, síly kolem nás.

Klíčová slova:

Fyzikální experiment, improvizované pomůcky, výuka fyziky, hydromechanika, tlak a objem kapalin, optika, šíření zvuku, elektřina a magnetismus, síly kolem nás.

Abstract

The main focus of the project– to show the physics to the schoolmates in an interesting way. The work concerns on the experiment analysis. Thereafter follows the analysis of these experiments, where the improvised aids are used. Physical phenomenon are evaluated in these experiments. Experiments are divided into six categories – hydromechanics, pressure and volume of the liquids, optical phenomenon, sound transmission, electronic and magnetic forces, forces around us.

Key words:

Physical experiment, improvised aids, teaching of physics, hydromechanics, pressure and volume of the liquids, optical phenomenon, sound transmission, magnetic and electronic forces, forces around us.

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu doc. PaedDr. Jiřímu Tesařovi, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady, které mi pomohli celou práci dovést až do vítězného konce.

Dále bych chtěl poděkovat - mojí rodině a mým kamarádům, kteří mi pomáhali s přípravou a realizací pokusů a psychickou podporou.

Obsah

| | |
|---|----|
| 1. Úvod- Pokus jako prostředek fyzikálního bádání | 7 |
| 2. Pokusy | 8 |
| 2.1. Hydromechanika | 8 |
| 2.1.1. Voda a olej | 9 |
| 2.1.2. Studená a teplá voda | 11 |
| 2.1.3. Odpuzování nečistot..... | 13 |
| 2.1.4. Hřebíky a voda | 15 |
| 2.1.5. Voda, silonky | 17 |
| 2.1.6. Jehla na vodě..... | 19 |
| 2.2. Tlak a objem kapalin | 21 |
| 2.2.1. Svíčka, voda a sklenka | 22 |
| 2.2.2. Sáček s tužkami..... | 24 |
| 2.3. Optické jevy | 27 |
| 2.3.1. Větrák a baterka | 28 |
| 2.3.2. Balónek, zrcátko, laser a hudba | 30 |
| 2.3.3. Lom a odraz světla | 33 |
| 2.3.4. Lom světla v proudu vody | 35 |
| 2.3.5. Dalekohled ze sklenic | 38 |
| 2.3.6. Kaleidoskop | 41 |
| 2.3.7. Obrácení obrazu za použití sklenice a vody | 45 |
| 2.3.8. Periskop..... | 47 |
| 2.3.9. Tekutin se v různých nádobách jeví býti jiné, i když jsou stejné. | 50 |
| 2.4. Šíření zvuku..... | 53 |
| 2.4.1. Pozorování šíření zvukových a tlakových vln | 54 |
| 2.4.2. Rozeznění strun kytary | 57 |
| 2.5. Magnetické a elektrické síly..... | 59 |
| 2.5.1. Magnetické síly | 60 |
| 2.5.2. Balónek a vlasy- statická elektřina | 62 |

| | | |
|--------|--|----|
| 2.5.3. | Odpuzování balónků | 64 |
| 2.5.4. | Stavba baterie | 66 |
| 2.5.5. | Volně vznášející se kompas | 70 |
| 2.5.6. | Elektromagnet | 72 |
| 2.5.7. | Různá vodivost různých kapalin | 75 |
| 2.6. | Síly kolem nás | 78 |
| 2.6.1. | Voda na houpačce | 79 |
| 2.6.2. | Domácí odstředivka z umělohmotné lahve | 81 |
| 2.6.3. | Závody v padání k zemi | 85 |
| 3. | Závěr | 88 |
| 4. | Použitá literatura | 89 |
| 5. | Seznam obrázků | 90 |

1. Úvod- Pokus jako prostředek fyzikálního bádání

Všichni si dozajista pamatujeme, jak jsme sedávali na hodinách fyziky na základních, anebo středních školách. Ty neutíkající sekundy, jež se pomalu prodlužovaly v minuty a poté konečně konec hodiny. Avšak něco jiného bylo, když vyučující přinesl do hodiny nějaký fyzikální model a demonstroval nám na něm něco, co by nám dozajista normálně přišlo, jako úplně triviální věc, avšak z rukou učitele se změnila v něco úžasného, co se každý den nevidí. Pamatuji si, jak nám náš učitel na střední škole přinesl do hodiny Van de Graaffův generátor. Všichni jsme z něj byli úplně na větvi. Myslím si, že by se měla výuka částečně obohatit o více takových užitečných pomůcek a pokusů. Děti to dokáže zaujmout a to mi přece jako pedagogové chceme. Abychom od žáků dostali pozornost. Pozornost je základní stavební kámen vyučování. Kdybychom nezískali pozornost jedince, tak mu nepředáme žádné informace. Pokud mu nepředáme žádné informace, tak jej nic nenaučíme. Když je nic nenaučíme, tak nebudou připraveni do života. A jak nejlépe učit, než zábavnou metodou pokus-omyl.

Podle mě největší objev z kategorie pokus-omyl provedl pan Henry Becquerel a jeho asistentka Marie Curie Sklodowská, při objevu neviditelného záření. Objevíli, že se ve smolnici nachází ještě jiný prvek než uran. Tento prvek byl asi tři milionkrát zářivější, než uran a odevzdával ohromné teplo. Proto dostal název radium (z latinského slova radiatus - zářivý). Tento „pokus“ se stal velkou inspirací pedagogů, jak zaujmout své posluchače.

Právě názornost výše zmíněného pokusu, která přímo vybízí k poznání fyzikálních zákonitostí, je na dané věci jednou z nejzajímavějších. Je patrné, že názorné pokusy, které jsou funkční a lépe hmatatelné, jsou jednou z nejlepších, možná vůbec nejlepší pomůckou při edukaci mládeže. Význam takových pokusů bývá u mnoha učitelů opomíjen a nahrazován výkladem teorie, jejíž finální vzdělávací efekt je dle mého názoru nesrovnatelně menší, než při provedení praktického pokusu. Jedním z problémů, který blokuje snadnější aplikaci pokusů do výuky je jeho ucelenější provedení a dostupnost. Práce si klade za cíl shromáždit běžně známé i méně známé pokusy a nabídnout tím snadno dostupnou formu, která může fungovat jako inspirace pro pedagogickou praxi, která by zkvalitnila funkčnost výuky fyziky, tedy kvalitní zpětnou vazbu žáků, kteří si z hodiny odnesou bohatší znalosti.

2. Pokusy

2.1. Hydromechanika

V této kapitole se zaměříme na povrchové napětí kapalin (nemísitelnost, vlastnosti při různých teplotách, vlastnosti povrchového napětí atd.) a jeho využití při prezentaci jednotlivých jevů před třídou. Každý z těchto pokusů vyžaduje pouze minimální pořizovací náklady. Pomůcky se dají sehnat dozajista v každé domácnosti (v kuchyni, či v dílně). Při některých pokusech se využívá horká voda, je proto doporučeno, aby byla dodržována zvýšená opatrnost při manipulaci.

2.1.1. Voda a olej

Pokus:

Nemísitelnost jednotlivých složek. Důkaz hustoty jednotlivých látek.

Pomůcky:

Průhledná sklenice, voda, olej, míchátko, barvivo



Obrázek č. 2. 1. 1. - pomůcky

Postup:

Misku naplníme do poloviny vodou smíchanou s barvivem, druhou polovinu sklenice dolijeme olejem. Zamícháme. Pozorujeme, jak se kapaliny chovají.

Co pozorujeme?

Po pokusu o promíchání dvou složek můžeme pozorovat, že se jednotlivé kapaliny nepromíchají. Sice vidíme, že se z každé z kapalin oddělí menší kapičky, které mohou projít hladinou mezi kapalinami, avšak tyto kapky se s druhou kapalinou nespojí (Obrázek č. 2. 1. 2.). Tento jev je způsoben tím, že každá z kapalin má jinou hustotu. [1] [2]



Obrázek č. 2. 1. 2. - nemísitelnost

2.1.2. Studená a teplá voda

Pokus:

Důkaz, že teplé proudy se drží nahoře a chladné dole.

Pomůcky:

Teplá a studená voda, průhledné sklenice, umělohmotná karta, potravinářské barvivo



Obrázek č. 2. 1. 3. - pomůcky

Postup:

Ohřejeme vodu, aby byla teplá (min. 60 °C). Nejprve rozlijeme vodu do dvou sklenic, do jedné dáme teplou a do druhé studenou vodu. Každou kapalinu obarvíme jinou barvou. Nejprve přiložíme umělohmotnou kartičku na sklenku s teplou vodou. Zvedneme a otočíme ji dnem vzhůru. Poté jí přiložíme k hrdlu sklenky se studenou vodou. Pomalu vysunujeme kartičku z prostoru mezi hrdly sklenic. Pozorujeme, co se děje. Obě barevné tekutiny se mísí velice pomalu a povětšinou zůstává teplejší tekutina nahoře a studenější dole.

Pak pokus opakujeme, avšak nepřiložíme kartičku ke sklenice s teplou vodou, ale naopak ke sklenice se studenou vodou. Znovu přiložíme obě sklenky hrdly k sobě a odstraníme kartičku. Pozorujeme, co se děje. Teplejší tekutina ze spodní části sklenky se pokouší prodrat na místo chladnější tekutiny, jež zaujímá místo v horní části obou sklenic. Dochází k rapidnímu pohybu obou tekutin navzájem.

Co pozorujeme?

Při stejném tlaku, avšak jiné teplotě kapaliny, můžeme pozorovat, že kapalina může měnit své vlastnosti např.: hustotu. V tomto pokusu jsme vodu v dolní části soustavy zahřáli na teplotu vyšší, než kapalinu v horní části soustavy. Tímto jsme docílili, že se kapalina ve spodní nádobce bude pokoušet dostat do nádoby horní, kdežto chladnější kapalina z horní nádoby se bude pokoušet dostat do nádoby, jež je umístěna v dolní části naší soustavy. V tomto pokusu dochází k tepelné výměně, kdy teplejší tekutina předává své teplo chladnější a snaží se vyrovnat teplotu, tudíž vidíme,

jak se postupem času tekutiny slévají a získávají stejný odstín barviva, jež jsem použil na zdůraznění výměny. Tento jev se nazývá proudění tepla.

Když se na skleničky díváme, tak vidíme, jak tekutinou prostupují vlnící se proudy (Obrázek č. 2. 1. 4., Obrázek č. 2. 1. 5., Obrázek č. 2. 1. 6.).



Obrázek č. 2. 1. 4. - průběh - a



Obrázek č. 2. 1. 5. - průběh - b



Obrázek č. 2. 1. 6. - průběh - c

2.1.3. Odpuzování nečistot

Pokus:

Mycí prostředek bude odpuzovat nečistoty (např.: prach, namleté koření atp.) a měnit povrchové napětí vody ve svém okolí.

Pomůcky:

Miska, prach (či jakýkoliv jemný prášek, jež se udrží na hladině), voda, míchátko, mycí prostředek



Obrázek č. 2. 1. 7. - pomůcky

Postup:

Do misky nalijeme vodu a na povrch rozsypeme nečistoty (Obrázek č. 2. 1. 8.). Míchátko namočíme v mycím prostředku a poté jej přiložíme k hladině vody (Obrázek č. 2. 1. 9.). Pozorujeme reakci.

Co pozorujeme?

V tomto experimentu pozorujeme, jaký má vliv saponát na nečistoty umístěné na hladině. Saponát odpuzuje nečistoty. Podle množství vloženého saponátu dochází k odpuzení nečistot k okraji nádoby. Díky tomu můžeme pozorovat, jak se ihned nečistoty přeskupí, jakmile se tyčinka dotkne vodní hladiny (Obrázek č. 2. 1. 10.). Tento jev můžeme připisovat tzv.: povrchově aktivním látkám - v našem případě čisticím prostředkům a saponátům. Tyto látky značně snižují povrchové napětí ve svém okolí. Jejich efekt lze charakterizovat vedlejším tlakem π , který má vliv proti povrchovému napětí. [3]



Obrázek č. 2. 1. 8. - průběh - a



Obrázek č. 2. 1. 9. - průběh - b



Obrázek č. 2. 1. 10. - průběh - c

2.1.4. Hřebíčky a voda

Pokus:

V tomto pokusu zkusíme demonstrovat, jak moc veliké napětí na hladině dokáže voda udržet, než dojde k jeho porušení.

Pomůcky:

Voda, sklenice, krabice malých předmětů (např.: hřebíčky, kamínky atd.)



Obrázek č. 2. 1. 11. - pomůcky

Postup:

Nádobu naplníme až po okraj vodou. Poté začneme pomalu přidávat jednotlivé hřebíčky a pozorujeme, co se děje s hladinou v nádobě. Voda nezačne přetékat, ale začne se vydouvat směrem nahoru (Obrázek č. 2. 1. 12.).

Co pozorujeme?

Jak přidáváme jednotlivé hřebíčky do vody, pozorujeme, jak se pomalu zvedá hladina tekutiny. Když voda dosáhne úrovně okraje nádoby, může se zdát, že by se voda měla snažit se z nádoby vylít. Avšak zde zapůsobí povrchové napětí, jež je tak silné, že dokáže vodu udržet pohromadě, i když její objem překoná objem nádoby. Samozřejmě, že objem nelze zvětšovat donekonečna. V určité chvíli již povrchové napětí vody nestačí k tomu, aby udrželo tekutinu pospolu a tekutina, jež svým objemem přesahuje objem nádoby. Povrchové napětí již bude nedostatečné, proto povolí a tekutina začne přetékat přes okraj.

Hřebíčky nebo šroubky můžeme zaměnit za drobné mince. Efekt bude stejný, avšak nárůst hladiny bude dozajista rychlejší, než když se používají tyto drobnější předměty.

Pokud máte k dispozici kapátko, lze položit minci s okrajem na stůl a začít na ni kapat kapičky vody. V tomto případě dochází ke stejnému jevu, a to že se voda zaoblí na vršku mince a drží se zde a nevyteče. [4]



Obrázek č. 2. 1. 12. - výsledek

2.1.5. Voda, silonky

Pokus:

Pokusíme se udržet vodu ve sklenici, jež bude dnem vzhůru pouze za pomoci vteřinového lepidla a kousku silonek.

Pomůcky:

Vteřinové lepidlo (nebo kousek lepicí pásky), kousek silonek, sklenice, voda



Obrázek č. 2. 1. 13. - pomůcky

Postup:

Na vrcholek sklenice nanese vrstvu vteřinového lepidla. Vykrojíme si kousek silonek, o trošičku větší, než je průměr sklenice. Tento vystřižený kousek přilepíme na okraj sklenice tak, aby zakrýval celý její povrch (Obrázek č. 2. 1. 14.). Necháme lepidlo zatvrdnout. Poté naplníme sklenici vodou, až úplně po okraj (musíme narušit integritu vlákna například tím, že na něj vložíme prst a lehce přitlačíme (Obrázek č. 2. 1. 15.)). Musíme však dávat pozor, abychom neponičili tkaninu). Pokusíme se přetočit sklenici dnem vzhůru. V této chvíli se musí postupovat velice opatrně, aby nedošlo k protržení tkaniny, která je natažená přes hrdlo (v tuto chvíli si můžeme vypomoci umělohmotnou kartičkou, kterou přiložíme k hrdlu sklenice). Celou soustavu otočíme dnem vzhůru (Obrázek č. 2. 1. 16.). Pokud bylo vše správně přilepeno, tak by nikudy neměla unikat voda. Co pozorujeme, když odstraníme dlaň/kartičku?

Co pozorujeme?

Když se řekne někomu, aby naplnil sklenici vodou a otočil, tak onen jedinec samozřejmě odpoví, že to neudělá, že by se polil. Vodu ve sklenici lze udržet, když posílíme povrchové napětí. V našem případě jej posílíme za pomoci velice jemné tkaniny (silonek). To způsobí, že podtlak, jenž vznikne po otočení sklenice a blána, jež vznikne na hladině tekutiny, zamezí, aby tekutina vytekla z nádoby

ven. Můžeme pozorovat, jak se na hladině sklenice prohýbá blána z tkaniny. Tento jev je způsobený atmosférickým tlakem, který působí na silonky, jejichž hustota vláken je dostatečně hustá a zpevněná natolik, aby dokázala zabránit vytečení tekutiny. Pokud bychom místo vody v tomto pokusu použili rtuť, tak by vzniklo ve sklenici po otočení vakuum (vzduchoprázdno). [5]



Obrázek č. 2. 1. 14. - průběh - a



Obrázek č. 2. 1. 15. - průběh - b



Obrázek č. 2. 1. 16. - průběh - c

2.1.6. Jehla na vodě

Pokus:

V tomto pokusu se pokusíme prokázat, že molekuly vody, dokážou vyvinout povrchové napětí dostatečné k tomu, aby dokázali udržet jehlu na vodní hladině, bez toho aby se potopila.

Pomůcky:

Sklenice, jehla, papírový ubrousek, voda



Obrázek č. 2. 1. 17. - pomůcky

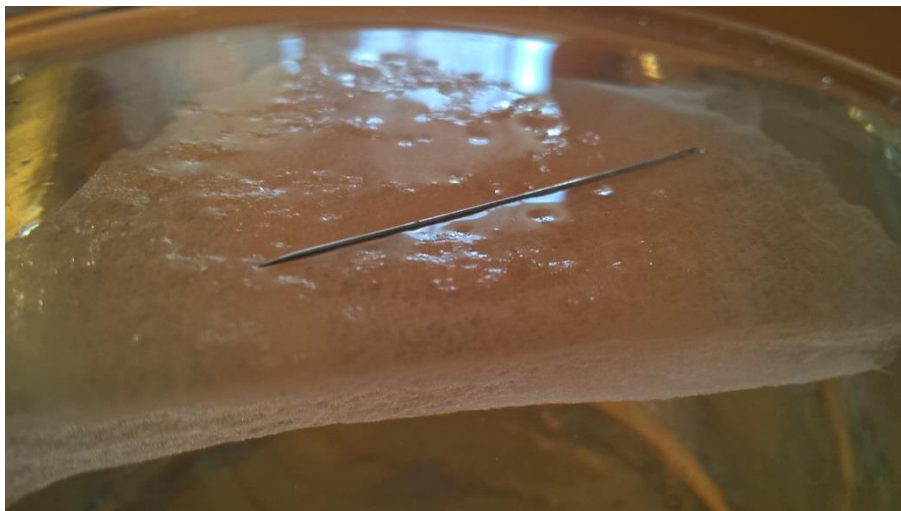
Postup:

Sklenici naplníme vodou. Na tenký ubrousek položíme jehlu a tento komplet opatrně položíme na vodní hladinu (Obrázek č. 2. 1. 18.). Chvilu počkáme a při tom pozorujeme, jak se pomalu ubrousek napouští tekutinou a začíná poklesávat, kdežto jehla se drží na hladině (Obrázek č. 2. 1. 19.). Při bližším prozkoumání je možné vidět, že se kolem jehly tvoří prohlubeň na vodní hladině, jak na ní jehla působí svou tíhovou silou.

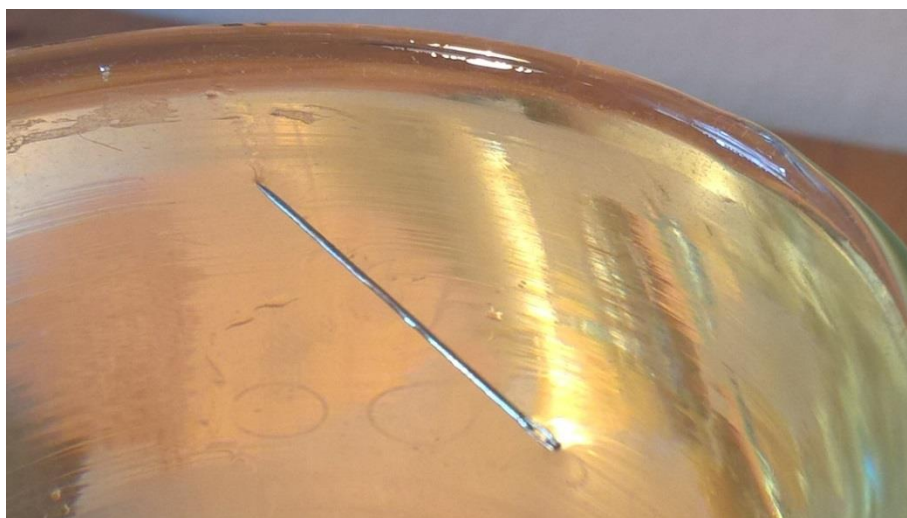
Co pozorujeme?

Při bližším pohledu na jehlu, jež se drží na vodní hladině, můžeme pozorovat, že se kolem jehly vytvořila malinkatá prohlubeň na vodní hladině. Zde vidíme krásný příklad povrchového napětí. Tento princip je hojně využíván v přírodě- například u hmyzu, či pavouků, kteří tento princip využívají při pohybu po vodní hladině. Těleso, jež svou hmotností neprotrhne povrchové napětí, se na hladině dokáže udržet a dokonce se po této hladině pohybovat. Pokud však vodu ohřejeme na vyšší teplotu, tak své vlastnosti pomalu ztrácí. Je to tím, že v teplé vodě se pohybují molekuly mnohem rychleji, než ve vodě studené. Doporučuji ukázat pokus, jak s pomocí teplé i studené vody.

[1] [6]



Obrázek č. 2. 1. 18. - průběh



Obrázek č. 2. 1. 19. - výsledek

2.2. Tlak a objem kapalin

V této kapitole se zaměříme na tlak a objem kapalin, jejich vlastnosti a využití při prezentaci jednotlivých jevů před třídou. Každý z těchto pokusů potřebuje pouze minimální pořizovací náklady. Pomůcky se dají sehnat dožadista v každé domácnosti (v kuchyni, či v dílně). V některých pokusech se používá otevřený oheň, proto je doporučeno tyto pokusy dělat se zvýšenou opatrností a v dostatečném odstupu od jakýchkoliv hořlavých materiálů.

2.2.1. Svíčka, voda a sklenka

Pokus:

V tomto pokusu se zaměříme na to, jak funguje podtlak.

Pomůcky:

Sklenice, talíř s vyšším okrajem, svíčka, sirky, voda



Obrázek č. 2. 2. 1. - pomůcky

Postup:

Do talíře nalijeme vodu do poloviny výšky okraje talíře. Do středu talíře položíme svíčku. Svíčku zapálíme. Opatrně přiložíme sklenku (jež je dnem vzhůru) na hladinu, nad hořící svíčku. Musíme si však dávat pozor, aby byla stále malá štěrbinu, mezi hrdlem sklenice a dnem talíře, kudy může proudit tekutina. Pozorujeme, jak se začíná zvedat hladina, avšak plamen svíčky pomalu dohasíná, dokud úplně nezhasne, a tím se zastaví postup hladiny ve sklenici (Obrázek č. 2. 2. 2.).

Co pozorujeme?

Hořící plamen svíčky nejdříve zahřívá a rozpíná plyn uvnitř sklenice (díky přeměně kyslíku (a dalších plynů) převážně na oxid uhličitý (a další látky)). Část plynu může uniknout pod okrajem sklenice. Zbytek plynu se poté ochladí a začne zmenšovat svůj objem a tím vytváří ve sklenici podtlak. Díky tomuto podtlaku se do sklenice začne hrnout voda mezerou mezi hrdlem sklenice a dnem talíře. [7]



Obrázek č. 2. 2. 2. - výsledek

2.2.2. Sáček s tužkami

Pokus:

Voda dokáže vyvinout takový hydrostatický tlak na stěny sáčku, který byl dříve penetrován předmětem (v našem případě tužkou), který se stane součástí vzniklého otvoru a zamezí úniku kapaliny.

Pomůcky:

Průhledný igelitový sáček, voda, tužka



Obrázek č. 2. 2. 3. - pomůcky

Postup:

Naplníme sáček kapalinou, vršek zajistíme proti otevření (Obrázek č. 2. 2. 11.). Naostříme si tužky. Pomalu se pokusíme propíchnout jeden kraj sáčku, tak aby nám tužka nevypadla a dírou nezačala utíkat kapalina (Obrázek č. 2. 2. 12.). Když se dostaneme špičkou dovnitř, tak ji prostrčíme vodou až na druhou stranu, kde vytvoříme další díрку, ve které již tužka zůstane. Tento postup opakujeme pro několik tužek.

Co pozorujeme?

Tlak vody v sáčku drží tužky na svých místech, pouze s minimálním únikem vody v okolí. Kdyby se tužky vyndaly, tak voda okamžitě začne odtékat. I když je tlak v různých částech sáčku jiný (čím vyšší vodní sloupec nad námi určeným bodem, tím vyšší je tlak vody v tomto bodě), tak ani tento jev neovlivňuje množství tekutiny, jež při netěsnosti vyteče. Tužka se chová v našem případě, jako zátka (Obrázek č. 2. 2. 13., Obrázek č. 2. 2. 14., Obrázek č. 2. 2. 15.). [1]



Obrázek č. 2. 2. 4. - průběh - a



Obrázek č. 2. 2. 5. - průběh - b



Obrázek č. 2. 2. 6. - výsledek



Obrázek č. 2. 2. 7. - výsledek



Obrázek č. 2. 2. 8. - výsledek

2.3. Optické jevy

V této kapitole se zaměříme na světelné jevy (přiblížení, odrazy, zrcadla, optické klamy atd.), jejich vlastnosti a využití při prezentaci jednotlivých jevů před třídou. Každý z těchto pokusů potřebuje pouze minimální pořizovací náklady. Zde je někdy problém se sehnáním některých materiálů pro výrobu některých součástí pokusů (zrcátka stejné velikosti, čočky apod.). V několika pokusech zde používáme laser, proto je doporučeno zachovávat pravidla bezpečnosti při práci, aby nedošlo ke zbytečnému poškození zraku, či jiným zraněním.

2.3.1. Větrák a baterka

Pokus:

Lidské oko není dokonalé. Pokusíme se jej tedy ošálit za pomoci baterky (jež dokáže přerušovaně blikat) a obyčejného větráku. Když najdeme správnou frekvenci pro blikání, bude se nám jevit, že se větrák točí na opačnou stranu, než jak je tomu ve skutečnosti.

Pomůcky:

Větrák, baterka



Obrázek č. 2. 3. 1. - pomůcky

Postup:

Pustíme větrák. Baterku dáme do polohy před listy větráku a rozsvítíme ji. Poté hledáme správnou frekvenci blikání, tak dlouho, dokud se nám nebude zdát, že se vrtule pohybuje v opačném směru (Obrázek č. 2. 3. 2.).

Co pozorujeme?

Zde se demonstruje tzv.: Stroboskopický jev. To je jev, při kterém jedinec vidí pohyb neskutečný na místo pohybu reálného (v našem případě lopatka větráku) Když zajistíme správnou frekvenci blikání a rychlosti otáčení větráku, tak se nám bude jevit, že se větrák- buď zastavil, nebo se začal točit na opačnou stranu. Toto je zapříčiněno tím, že naše lidské oko není dokonalé a dokáže snímat jen do určitého počtu snímků za sekundu (24 snímků za sekundu).

Naše zrakové ústrojí lze lehce oklamat takto jednoduchými efekty, jež do zajista zaujmou a pobaví třídu. Již to není jen fyzika, ale má to i přesah do dalších předmětů např.: biologie. [8]



Obrázek č. 2. 3. 2. - výsledek

2.3.2. Balónek, zrcátko, laser a hudba

Pokus:

Pomocí hlubších tónů dokážeme rozpohybovat balónek se zrcátkem tak, aby nám kreslil obrazce po stěnách.

Pomůcky:

Balónek, laserové ukazovátko, reproduktor, izolepa, nůžky



Obrázek č. 2. 3. 3. - pomůcky

Postup:

Nafoukneme balónek a zafixujeme ho před ucházením vzduchu. Poté tento balónek připevníme izolepou ke středu reproduktoru. Na balónek pak připevníme zrcátko. Pro lepší viditelnost zhasneme v pokoji (zatáhneme závěsy). Pustíme předem vybranou hudbu (nebo žáci mohou pustit něco ze svých mobilních zařízení) do reproduktoru. Nasvítíme laserové ukazovátko na zrcátko a pozorujeme, co se děje s odrazem na stěně učebny.

Co pozorujeme?

Balónek se za pomoci hlubokých tónů rozvibruje do takové míry, že rozpohybuje zrcátko, jež je na něm upevněno. Laser, který je na zrcátko namířen ve stejné poloze začne tancovat po stěně. Tento efekt můžeme pozorovat díky šíření vln z jednoho předmětu na druhý. V našem případě to jsou hluboké tóny generované v reproduktoru, jež přecházejí na balónek a posléze se za pomoci světelných paprsků promítají na stěnu. Skládáním na sebe svislých kmitů vznikají Lissajousovy obrazce. Tyto obrazce se nám mění (jejich tvar), jak se mění tóny v písni- změnou poměru frekvence dvou kmitů a vzájemné fázové odchylce těchto kmitů (Obrázek č. 2. 3. 4., Obrázek č. 2. 3. 5., Obrázek č. 2. 3. 6., Obrázek č. 2. 3. 7., Obrázek č. 2. 3. 8.). [9]



Obrázek č. 2. 3. 4. – výsledek - a



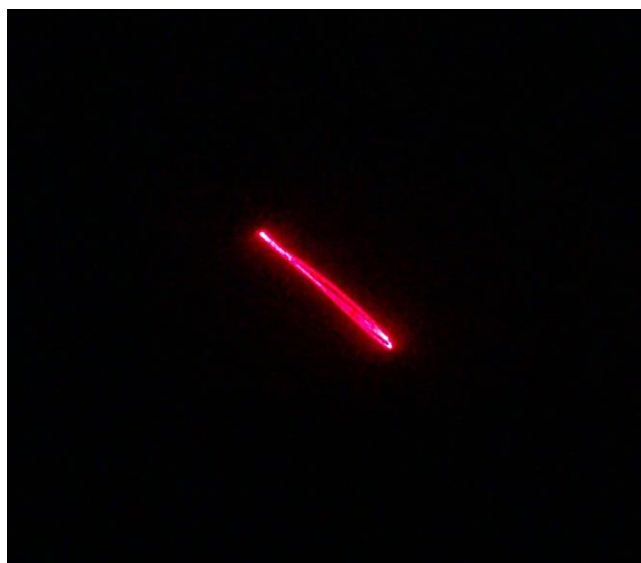
Obrázek č. 2. 3. 5. – výsledek - b



Obrázek č. 2. 3. 6. – výsledek - c



Obrázek č. 2. 3. 7. – výsledek - d



Obrázek č. 2. 3. 8. – výsledek - e

2.3.3. Lom a odraz světla

Pokus:

Při přechodu světla z různých prostředí dochází k lomu a částečnému odrazu světla. Tento jev si zde ukážeme za pomoci vody a laserového ukazovátka.

Pomůcky:

Laserové ukazovátko, průhledná nádoba, voda



Obrázek č. 2. 3. 9. - pomůcky

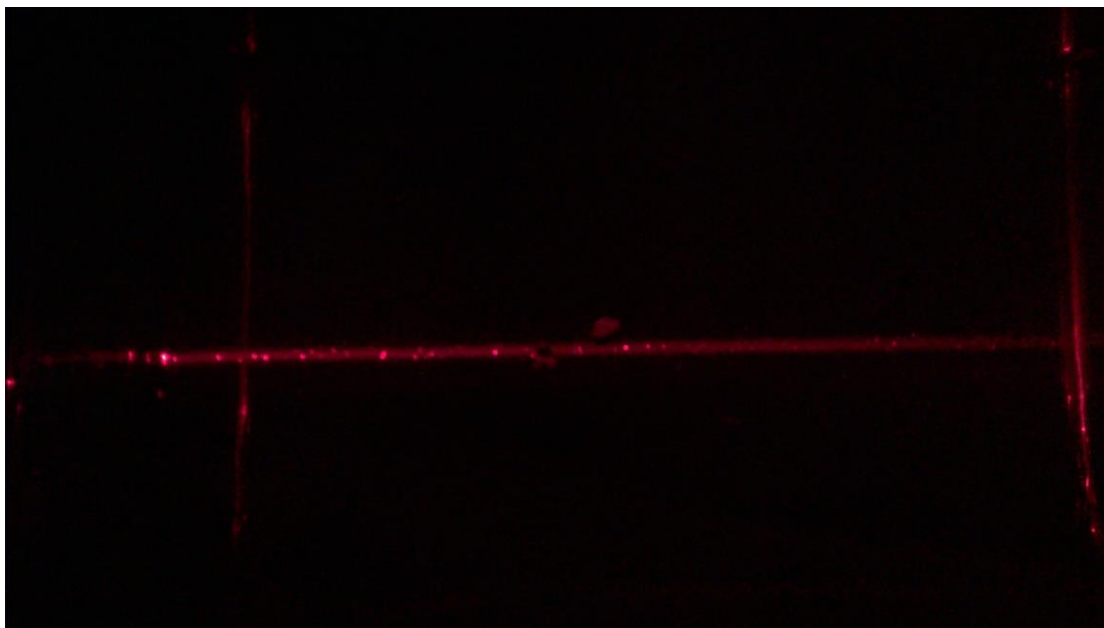
Postup:

Tento pokus se nám bude lépe demonstrovat v temnější místnosti, proto doporučuji zhasnout, popřípadě zatáhnout závěsy (či žaluzie) v místnosti. Nádobu postavíme na vyvýšené místo tak, aby na ni všichni viděli. Nasvítíme do ní: nejdříve ve vodorovném směru z boku nádoby (Obrázek č. 2. 3. 10.). Poté úhel zvyšujeme směrem k hladině (Obrázek č. 2. 3. 11.). Když se paprsek dotkne hladiny, co se stane?

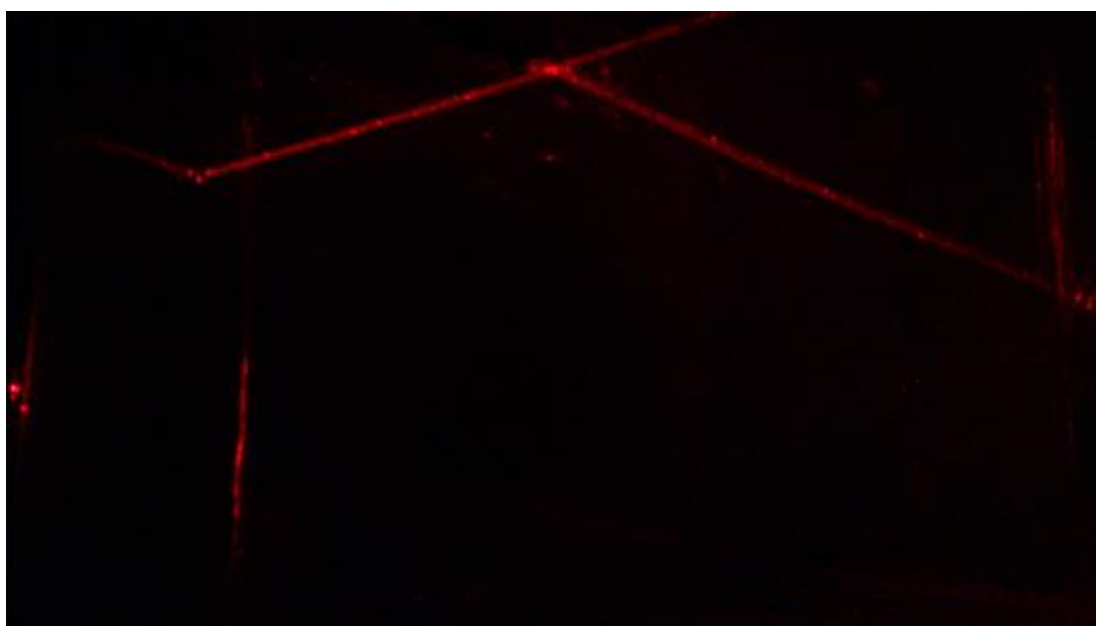
Co pozorujeme?

Pokud laserovým ukazovátkem zasvítíme horizontálně do vody, tak paprsek normálně prochází, bez toho aniž by se nějak lomil při průchodu vodní masou (pokud je tedy voda stojatá a neproudí). Když nakloníme laserový paprsek směrem k hladině (tak moc, aby se ukazovátko dostalo alespoň

pod úhel 45 stupňů- záleží však na velikosti nádoby), tak pozorujeme, že normální paprsek pokračuje dále. Avšak v místě, kde se hladina střetává s okolní atmosférou, vznikne další paprsek. Tento jev je zapříčiněný přechodem z jednoho prostředí (voda) do druhého (vzduch), přičemž každé z prostředí má jinou optickou hustotu. To znamená, že se v každém prostředí světelný paprsek šíří jinak. Jak zmenšujeme a zvětšujeme úhel světla k hladině, tak můžeme pozorovat, že se nám mění i úhel lomu a odrazu laserového paprsku. Hladina vody se chová jako odrazový materiál, to znamená, že se od něj paprsek odrazí ve stejném úhlu, v jakém na něj dopadá. Hladina vody je propustná, takže část paprsku pokračuje ven z prvního prostředí a láme se do druhého. [1]



Obrázek č. 2. 3. 10. - horizontální svícení



Obrázek č. 2. 3. 11. – výsledek

2.3.4. Lom světla v proudu vody

Pokus:

Budeme si demonstrovat, jak dokáže paprsek cestovat v proudu vody.

Pomůcky:

Malé nůžky, plastová lahev, laser, voda, lepicí páska



Obrázek č. 2. 3. 12. - pomůcky

Postup:

Do lahve vyvrtáme opatrně díрку, kterou může proudit voda ven (nejlépe blízko u dna lahve). Poté tuto díрку přelepíme lepicí páskou (Obrázek č. 2. 3. 13.). Napustíme lahev vodou. Odstraníme pásku a posvítíme opačnou stranou (Obrázek č. 2. 3. 14.), než je díрка do lahve, musíme najít správný úhel (Obrázek č. 2. 3. 15., Obrázek č. 2. 3. 16.).

Co pozorujeme?

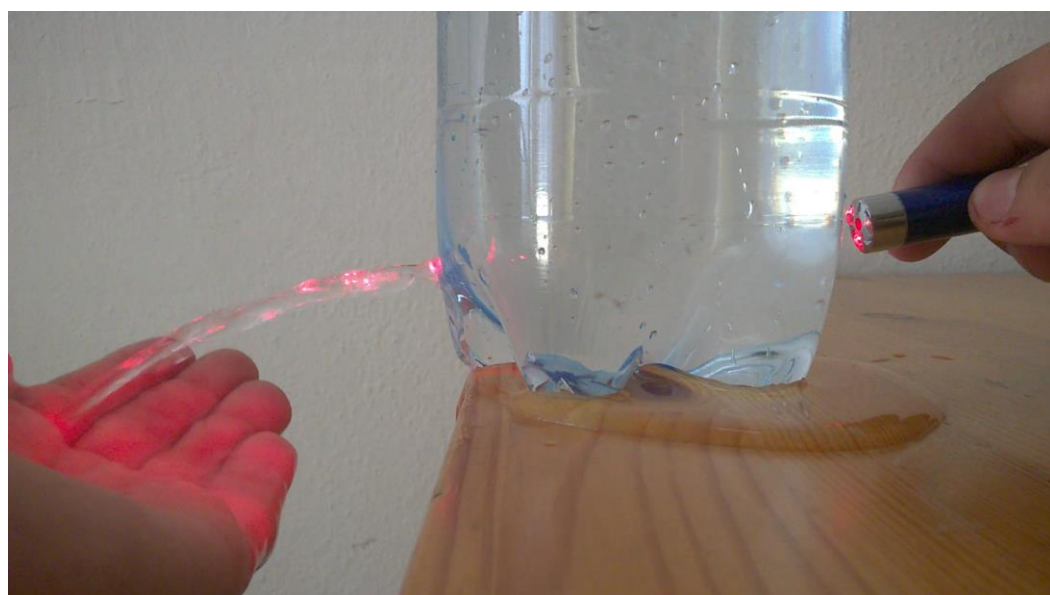
Světelný paprsek je vychýlen za pomoci proudu vody. Světlo se odráží od hladiny zpět do tekutiny a tento princip se opakuje, dokud se proud nerozpadne. Tomuto principu se říká: totální vnitřní odraz. [1]



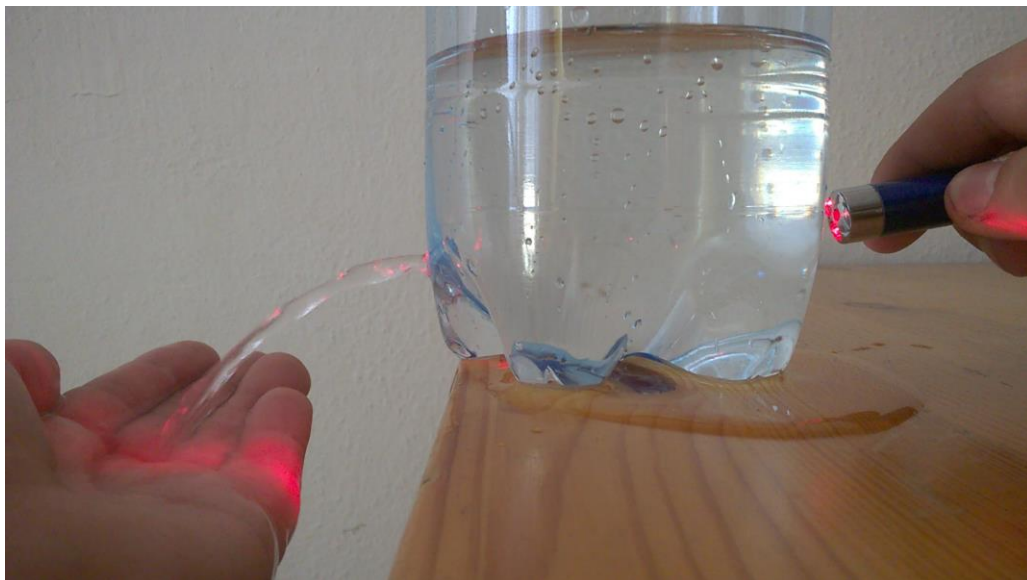
Obrázek č. 2. 3. 13. - postup - a



Obrázek č. 2. 3. 14. - postup - b



Obrázek č. 2. 3. 15. – výsledek - a



Obrázek č. 2. 3. 16. – výsledek - b

2.3.5. Dalekohled ze sklenic

Pokus:

Pokusíme se složit soustavu čoček za pomoci sklenic tak, abychom mohli tuto soustavu použít, jako zvětšovací aparát.

Pomůcky:

Skleničky o různých velikostech a tloušťkách.



Obrázek č. 2. 3. 17. - pomůcky

Postup:

Jednu sklenku si přiložíme do úrovně oka (dnem dále od tváře (Obrázek č. 2. 3. 19.)) a druhou sklenkou pohybujeme směrem od první (dno by mělo směřovat k obličejí (Obrázek č. 2. 3. 20.)). Pokoušíme se o dosažení toho nejostřejšího zvětšeného obrazu, jaký jsme schopni doostřit.

Co pozorujeme?

V našem pokusu se zaměříme na to, abychom demonstrovali žákům, jak dokážou při správném sestavení dna sklenic (jež se v našem případě chovají, jako čočky) zvětšovat obraz na které je zaostříme (Obrázek č. 2. 3. 21.). Dna sklenic se chovají, jako dvě spojky. [1]



Obrázek č. 2. 3. 18. - postup - a



Obrázek č. 2. 3. 19. - postup - b



Obrázek č. 2. 3. 20. - postup - c



Obrázek č. 2. 3. 21. – výsledek

2.3.6. Kaleidoskop

Pokus:

Za pomoci několika pomůcek dokážeme ošálit oko tím způsobem, že ho donutíme si myslet, že vidí něco, co tam doopravdy není.

Pomůcky:

Karton (nebo čtvrtku), průsvitný papír, slabá průhledná folie, lesklá folie, barevné papírky, tužka, pravítko, nůžky, lepicí páska



Obrázek č. 2. 3. 22. - pomůcky

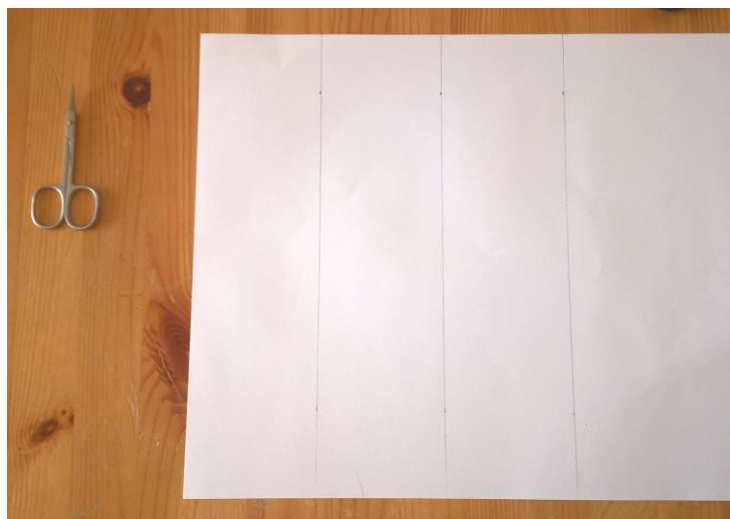
Postup:

Z kartonu vystříháme tři stejně velké kousky (Obrázek č. 2. 3. 24.). Na tyto kousky připevníme alobal (Obrázek č. 2. 3. 25.). Tyto tři kusy slepíme k sobě tak, aby byla vždy lesklá fólie uvnitř našeho trojúhelníku (Obrázek č. 2. 3. 26.). Trojúhelník postavíme na karton a obkreslíme ho. Vzniklý tvar trojúhelníku vystříháme. Vzniklý tvar poté přilepíme k jedné straně naší vytvořené tuby za pomoci lepicí pásky. Doprostřed destičky za pomoci tužky uděláme díru (Obrázek č. 2. 3. 27.). V tomto okamžiku přiložíme druhý konec k folii a průsvitnému papíru. Zde ji obkreslíme a poté vystříháme. Tyto dva trojúhelníky slepíme k sobě ze dvou stran. Ze třetí strany nasypeme dovnitř barevné útržky papíru a poté trojúhelník zalepíme i z této strany (Obrázek č. 2. 3. 28.) Následně přilepíme trojúhelník k volnému konci trubice. Co vidíme, když se podíváte stranou, ve které je malý otvor?

Co pozorujeme?

Uvnitř jsme vytvořili soustavu tří zrcadel, které odráží paprsky, jež vniknou dovnitř tuby stranou, kde je průsvitný papír. Tyto tři zrcadla nám množí a odrážejí obraz vzorku, jenž je utvořen na

vzdálenějším konci tuby. Pokud soustavou zatřese, nebo s ní otočíme, tak se nám obrazce, které vidíme, začnou měnit před očima (Obrázek č. 2. 3. 29., Obrázek č. 2. 3. 30., Obrázek č. 2. 3. 31.).
[1][10]



Obrázek č. 2. 3. 23. - postup - a



Obrázek č. 2. 3. 24. - postup - b



Obrázek č. 2. 3. 25. - postup - c



Obrázek č. 2. 3. 26. - postup - d



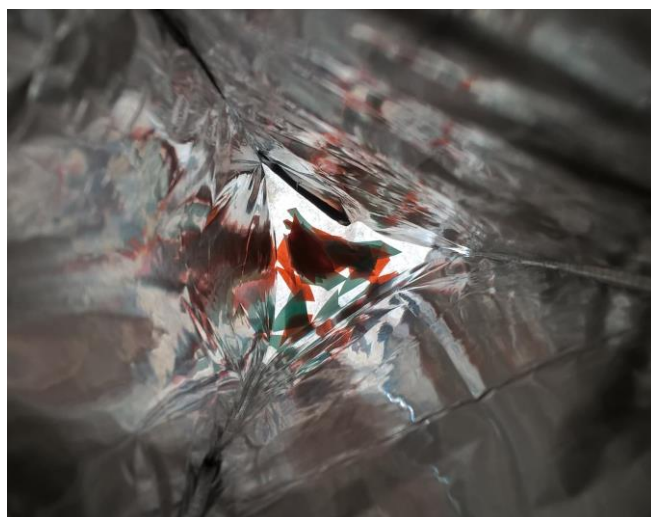
Obrázek č. 2. 3. 27. - postup - e



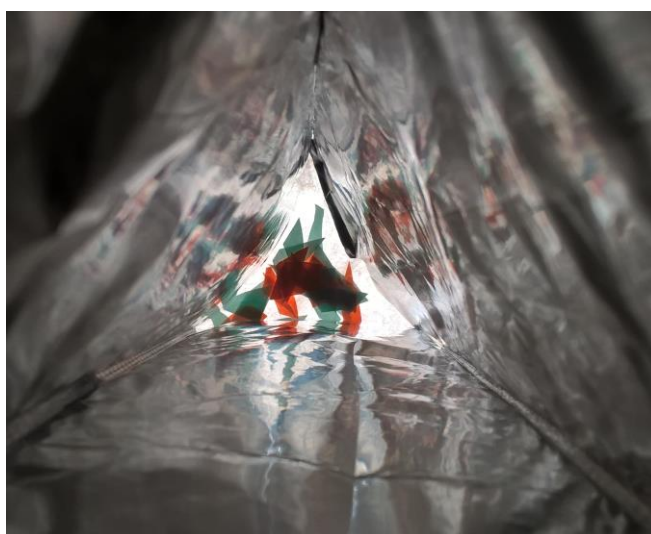
Obrázek č. 2. 3. 28. - postup - f



Obrázek č. 2. 3. 29. – výsledek - a



Obrázek č. 2. 3. 30. – výsledek - b



Obrázek č. 2. 3. 31. – výsledek - c

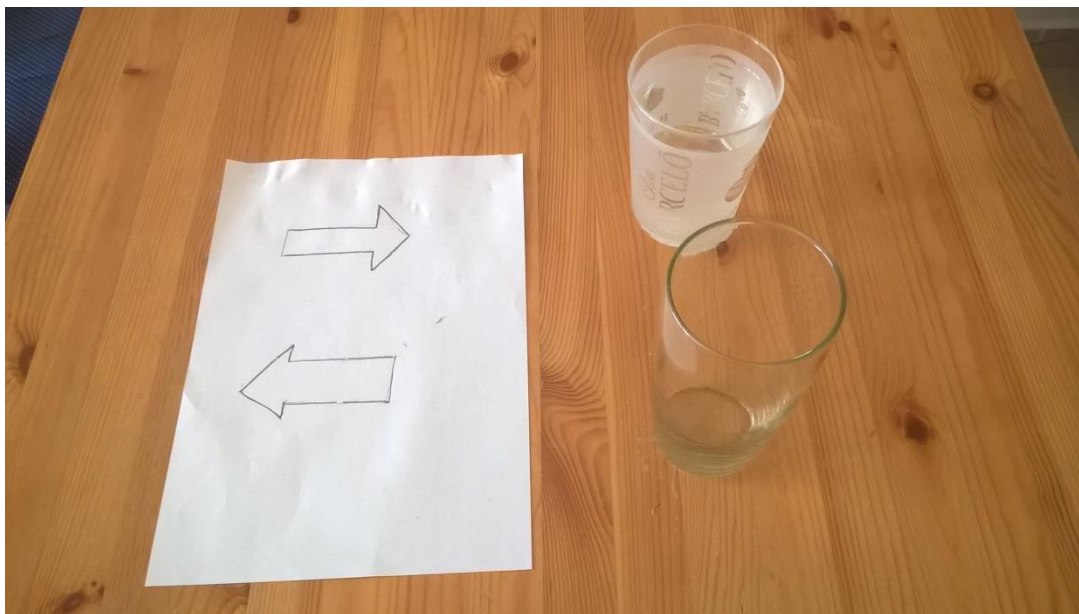
2.3.7. Obrácení obrazu za použití sklenice a vody

Pokus:

Voda dokáže lámat světelné paprsky. Toho využijeme, abychom obrátili projekci předmětu v náš prospěch.

Pomůcky:

Sklenice, voda, předmět (postačí šipka nakreslená na papíře)



Obrázek č. 2. 3. 32. - pomůcky

Postup:

Postavíme předmět- v našem případě papír s nakreslenou šipkou na kraj stolu, tak aby stál. Mezi nás a tento předmět postavíme prázdnou sklenici (Obrázek č. 2. 3. 33.). Naplníme sklenici čistou vodou (Obrázek č. 2. 3. 34.). Co pozorujeme?

Co pozorujeme?

Sklenice s tekutinou se nyní chová jako čočka, jež převrací obraz v horizontálním směru. Díky tomu se obrázek jeví, jakoby se přesouval na opačnou stranu, než na kterou je doopravdy směřován. S prázdnou sklenicí by se toto nepovedlo. Hlavní činitel je voda, jež je nalitá ve sklenici. [11]



Obrázek č. 2. 3. 33. - postup



Obrázek č. 2. 3. 34. – výsledek

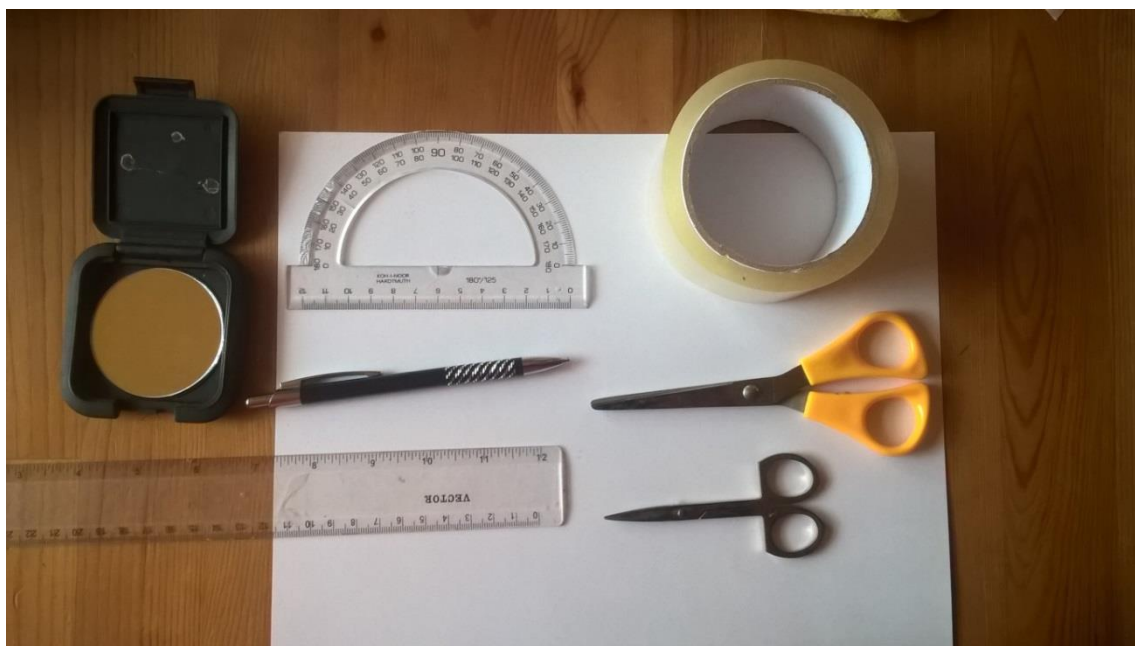
2.3.8. Periskop

Pokus:

Pomocí periskopu dokážeme vidět výš, než jsme vysocí. Tohoto dosáhneme tím, že spojíme dvě zrcadla s kouskem kartonu.

Pomůcky:

Dvě zrcátka, silný papír (karton), lepicí páska, nůžky s ostrou špičkou, úhломěr, tužka nebo fix



Obrázek č. 2. 3. 35. - pomůcky

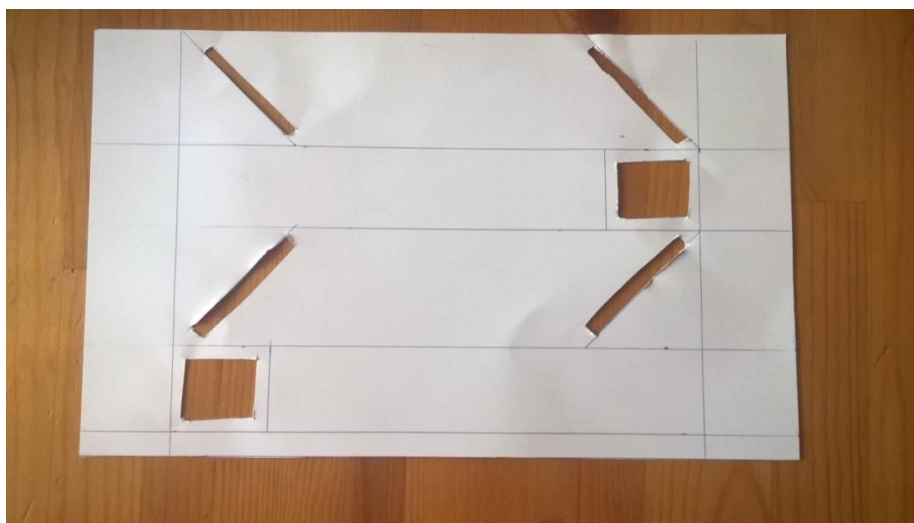
Postup:

Karton obdélníkového tvaru přehneme několikrát, abychom dostali hranol, jež nemá dolní ani horní stěnu. Široký by měl být tak, aby se do něj dala vsadit zrcátka pod úhlem 45 stupňů. Označíme si horní a dolní okraj a přední a zadní stranu. Na spodním okraji zadní strany vyřízneme otvor, kterým se budeme koukat do periskopu. Tento otvor vyřízneme i na horní straně na předním okraji. Vyřízneme na horní i dolní straně drážky na zrcátka: řez vedeme od otvoru pro koukání dovnitř/ ven pod úhlem 45 stupňů, až k protější straně periskopu (Obrázek č. 2. 3. 36.). Tento řez provedeme vždy z levé i pravé strany. Do takto připravených otvorů můžeme vsunout zrcátka (Obrázek č. 2. 3. 37.). Zajistíme zrcátka proti posunutí za pomoci lepicí pásky.

Co pozorujeme?

Když se podíváme do spodního otvoru, tak vidíme obraz světa, jež bychom mohli vidět, kdybychom oči měli v úrovni horního otvoru. Tohoto jevu jsme dosáhli za pomoci soustavy zrcadel. V našem případě tedy dvou. Kdyby zde bylo pouze jedno zrcadlo, tak bychom viděli pouze vršek naší krabice a to ještě k tomu otočený hlavou dolů. Avšak když jsme použili i druhé zrcátko

v určité výšce, docílili jsme toho, že se nám obraz znovu obrátil. Následně vidíme nepřevrácený odraz tak, jak by jej oko vidělo v úrovni druhého otvoru (Obrázek č. 2. 3. 39.). [1] [12]



Obrázek č. 2. 3. 36. - postup - a



Obrázek č. 2. 3. 37. - postup - b



Obrázek č. 2. 3. 38. – výsledek - a



Obrázek č. 2. 3. 39. – výsledek - b

2.3.9. Tekutiny se v různých nádobách jeví býti jiné, i když jsou stejné.

Pokus:

V tomto pokusu si ověříme, že se kapaliny mohou jevit různě v odlišných nádobách.

Pomůcky:

Voda, potravinářské barvivo, sklenice různých tvarů a objemů



Obrázek č. 2. 3. 40. - pomůcky

Postup:

Obarvíme vodu potravinářským barvivem. Poté si odměříme stejnou objemovou hodnotu a rozlijeme ji do několika různých odměrných nádob a budeme pozorovat, jak se voda v kterémkoliv válci jeví našemu oku.

Co pozorujeme?

Když dáme dítěti na prvním stupni dvě sklenice, jednu o širší základně, ale menší. A druhou a užší základně, ale vyšší. Do obou nalili stejné množství tekutiny a zeptali se jich, v které z dvou nádob je více vody, tak většina dětí odpoví, že v té s širší základnou (Obrázek č. 2. 3. 46.). Tento jev je zapříčiněn tím, že děti ještě nemají úplně vyvinutou představu o tom, jak je vše kolem nich uspořádáno, a nedokážou si představit, že tyto dvě nádoby o stejném objemu jsou doopravdy stejné.

Lidský mozek není dokonalý. Dá se lehce oklamat, zejména u sklenic podobného tvar, ale různých profilů. Když však mozek dostane dostatek dat ohledně těchto úkazů, může si realitu těchto jevů uvědomit. [13][14]



Obrázek č. 2. 3. 41. - výsledek



Obrázek č. 2. 3. 42. - výsledek



Obrázek č. 2. 3. 43. - výsledek



Obrázek č. 2. 3. 44. - výsledek



Obrázek č. 2. 3. 45. - výsledek



Obrázek č. 2. 3. 46. - výsledek

2.4.Šíření zvuku

V této kapitole se zaměříme na šíření zvuku (vibrace, tlakové vlny) a jeho využití při prezentaci jednotlivých jevů před třídou. Každý z těchto pokusů potřebuje pouze minimální pořizovací náklady. Pomůcky se dají získat v každé domácnosti (v kuchyni, či v dílně). Kytaru lze půjčit v učebně nebo kabinetu hudební výchovy.

2.4.1. Pozorování šíření zvukových a tlakových vln

Pokus:

V tomto pokusu si dokážeme, že zvuk se šíří vzduchem jako vlna a tím může ovlivňovat okolní předměty.

Pomůcky:

Umělohmotná lahev, nůžky (nebo nůž), izolepa, potravinářská folie (nebo kousek balónku), gumička, zápalky a svíčka



Obrázek č 2. 4. 1. - pomůcky

Postup:

Lahev přestříháme v polovině (Obrázek č. 2. 4. 2.). Opatrně, abychom se nezranili. Vezmeme horní polovinu lahve a připevníme ke vzniklému otvoru potravinářskou folii za pomoci lepicí pásky (Obrázek č. 2. 4. 3.). Ke středu folie připevníme gumičku izolepou (Obrázek č. 2. 4. 4.). Zapálíme svíčku. Přiložíme hrdlo láhve k plamenu a jemně zatáhneme za gumičku a pustíme (Obrázek č. 2. 4. 6.). Co pozorujeme?

Když natahujeme blánu fólie, vzniká tím pnutí a do prostoru v lahvi se hrne vzduch. Když pustíme gumičku, fólie se bude snažit dostat do polohy, kde bude mít nejmenší pnutí, proto vystřelí směrem k hrdlu lahve. Vzduch, který se nahromadil v lahvi, je teď vytlačován blánou směrem ven přes úzké hrdlo lahve. Zde všechen vzduch nemůže projít naráz, proto je stlačen a prochází zde s vyšší rychlostí, než ve zbytku lahve. Vzduch je vystřelen z hrdla a střetne se s plamenem svíčky. Tlak, jež vyvine vzduch unikající z hrdla lahve zapříčiní, že plamen svíčky zhasne. Tento jev je doprovázen zvukovým efektem (Obrázek č. 2. 4. 7.). [1].



Obrázek č 2. 4. 2. - postup - a



Obrázek č 2. 4. 3. - postup - b



Obrázek č 2. 4. 4. - postup - c



Obrázek č 2. 4. 5. - výsledek - a



Obrázek č 2. 4. 6. - výsledek - b



Obrázek č 2. 4. 7. - výsledek - c

2.4.2. Rozeznění strun kytary

Pokus:

Pokusíme se zachytit, jak se chvějí struny kytary, když jsou rozezněny.

Pomůcky:

Kytara, zařízení pro záznam videa



Obrázek č 2. 4. 8. - pomůcky

Postup:

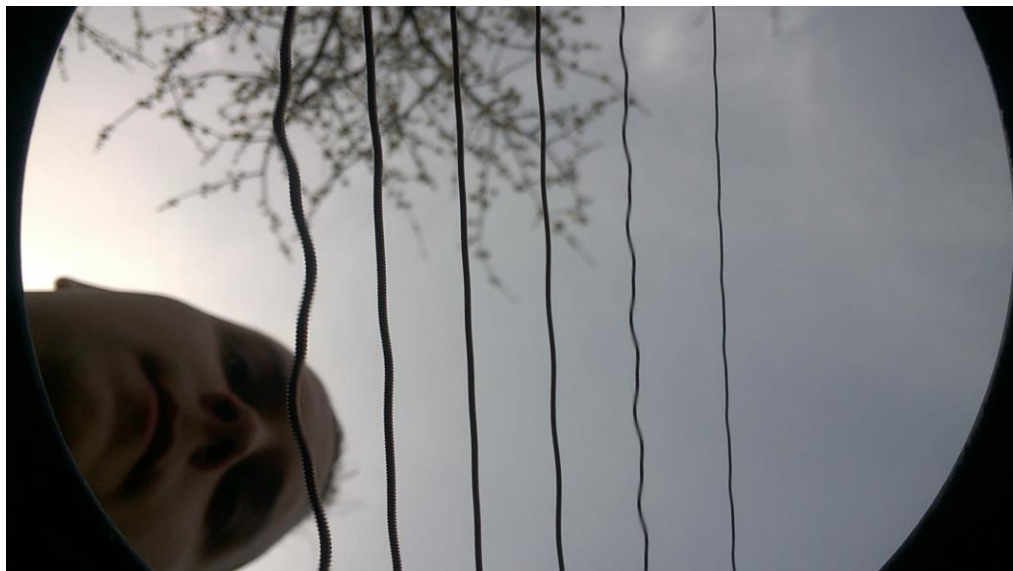
Puštěné nahrávací zařízení vložíme do těla kytary objektivem ke strunám. Zahrajeme několik tónů. Video převedeme do počítače a demonstrujeme třídě.

Co pozorujeme?

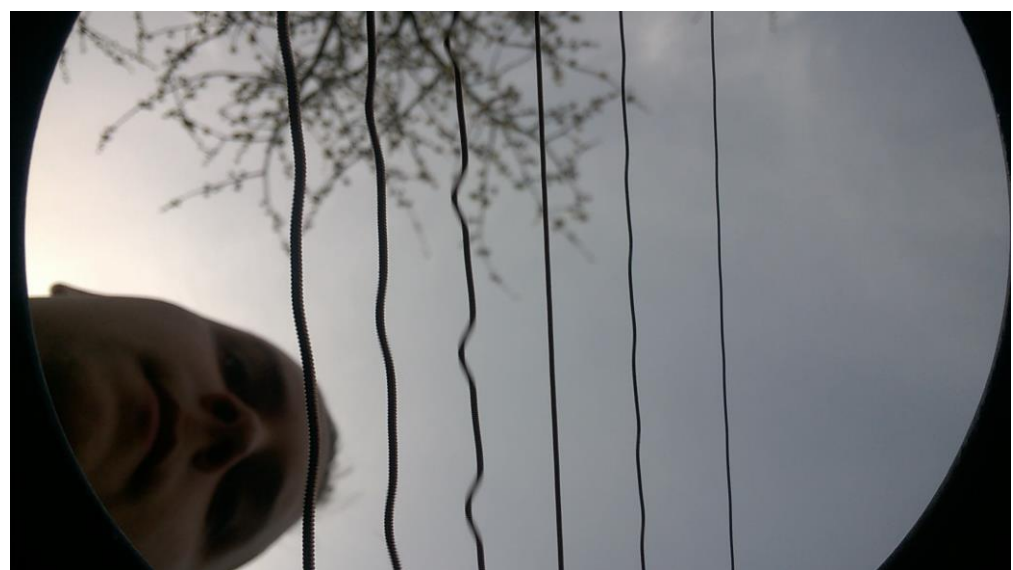
Moje nahrávací zařízení však není zcela přesné a nedokáže snímat snímky s dostatečnou rychlostí, proto se my snímky zdeformovali. Může za to antialiasing, jež snímá obraz od vrchní části objektivu ke spodní. Jelikož je toto snímání v našem případě pomalejší, než celková rychlost struny, tak se zdá, jako by se struna prohnila. Lidskému oku připadá při pohledu na strunu, že kmitá, jako úsečka. A to pouze od jejího maxima k jejímu minimu. Uchycená na obou stranách se uprostřed prohne a to do maxima, do jakého jsme ji natáhli. Když se vrací na svou původní polohu, tak ji mine a přeletí do svého minima, které je o něco bližší, než první maximum (ztratí část své energie). A takto to pokračuje, dokud struna neztratí všechnu energii a nevrátí se do své klidové polohy. Zde pozorujeme tzv.: vyšší harmonické kmity – každý kmit je celkovým násobkem svého základu. Tyto vyšší harmonické tóny jsou základem pro vytvoření tónu u většiny strunných a dechových nástrojů. Pokud si však dobře prohlédneme záznam, tak vidíme, jak se jednotlivé struny rozkmitají a skládají dohromady své kmity. [15][16]



Obrázek č 2. 4. 9. - výsledek - a



Obrázek č 2. 4. 10. - výsledek - b



Obrázek č 2. 4. 11. - výsledek - c

2.5.Magnetické a elektrické síly

V této kapitole se zaměříme na magnetické a elektrické síly (magnety, nabitě částice, baterie atd.), a jejich využití při prezentaci jednotlivých jevů před třídou. Každý z těchto pokusů potřebuje pouze minimální pořizovací náklady. Zde si každý musí s pomůckami poradit dvěma nejjednoduššími způsoby: buď si je dojde koupit do obchodu, nebo pokud má dílnu, tak si je vezme tam (pokud má škola školní dílny, může se jedinec porozhlédnout i tam). Některé věci- třeba jako magnety, se dají dozajista najít i v každém fyzikálním kabinetě. Avšak měděné mince jsou trošku problém. Jedna z možností je mince časem nastřádat, nebo se pokusit dojít si do banky rozměnit nějaké zahraniční drobné. Já jsem naneštěstí použil oba dva tyto způsoby. Dostalo se mi mincí o nestejném průměru, takže jsem je musel protřídit.

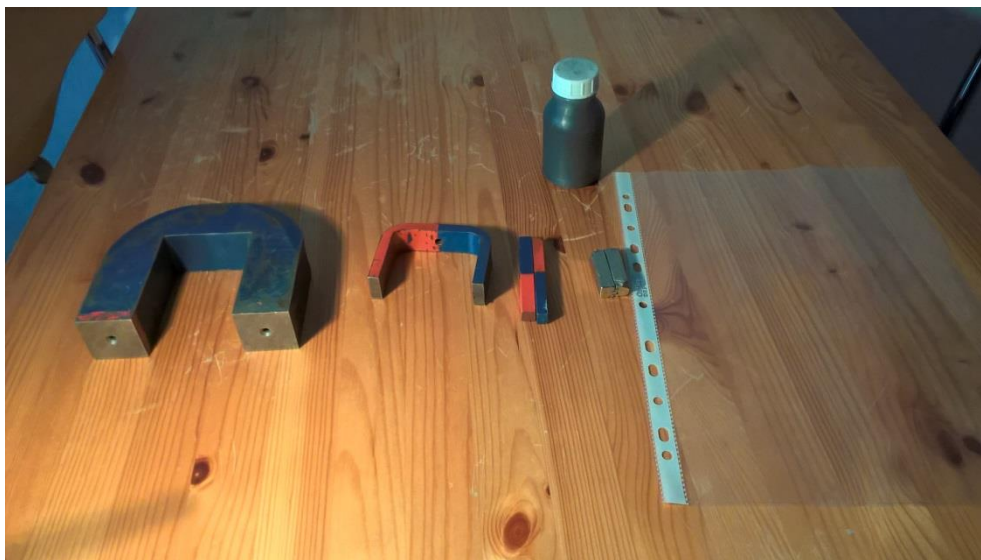
2.5.1. Magnetické síly

Pokus:

Ukážeme si, jak magnet může působit na železné piliny, aniž by s nimi přišel do kontaktu.

Pomůcky:

Magnet, železné piliny, karton (nebo lépe průhledná folie)



Obrázek č. 2. 5. 1. - pomůcky

Postup:

Karton (nebo průhlednou folii) zabezpečíme proti zdeformování (např.: lepicí páskou). Ze spodní strany kartonu opatrně přiložíme magnet. Povrch posypeme železnými pilinami. Pozorujeme, jak se piliny chovají.

Co pozorujeme?

Na folii se začnou přesouvat piliny, jež jsou v dosahu pólu magnetu na tento pól. Pokud magnet již nemá dostatečnou sílu k tomu, aby svou silou přitáhl piliny k sobě, ale piliny jsou stále v magnetickém poli magnetu, tak ovlivní jejich orientaci na ploše. Díky tomu jsou zde vidět paprsky směřující k pólům magnetu. Ostatní piliny mimo dosah pole jsou netečné (Obrázek č. 2. 5. 2.). [1] [17]



Obrázek č. 2. 5. 2. - výsledek

2.5.2. Balónek a vlasy- statická elektřina

Pokus:

Při intenzivním tření balónku o vlasy, dojde k vytvoření statického náboje, který vlasy přitáhne.

Pomůcky:

Balónek, dobrovolník s delšími vlasy



Obrázek č. 2. 5. 3. - pomůcky

Postup:

Balónek nafoukneme a zajistíme před únikem vzduchu. Vyzveme žáky, aby si vyzkoušeli tento pokus sami na sobě. Žáci si začnou třít balónek o hlavu. Po chvílce je poprosíme, aby se třením přestali a nechali balónek několik centimetrů od hlavy (stačí na půl délky pramene a dál (Obrázek č. 2. 5. 4.)).

Co pozorujeme?

Po chvílce tření je vidět, jak se k balónku začínají vlasy „natahovat“. Na začátku pokusu byl v obou objektech neutrální náboj. Když se začal balónek třít o vlasy, tak začaly záporně nabitě částice přeskakovat z vlasů na balónek. Ve snaze vyrovnat tuto nerovnováhu se snaží opačně nabitě tělesa přitáhnout k sobě navzájem. Pokud má někdo ze studentů svetr s dlouhými vystupujícími vlákny, můžete tento pokus vyzkoušet na svetr. V tomto případě by se měl balónek dokázat udržet na dostatečně dlouhém vláknu svetr, pouze za pomoci těchto sil. [1] [18]



Obrázek č. 2. 5. 4. - výsledek

2.5.3. Odpuzování balónků

Pokus:

Odpuzování předmětů pomocí stejného statického náboje.

Pomůcky:

Dva obyčejné balónky, vlasy, kousek provázku (cca 1,5 metru)



Obrázek č. 2. 5. 5. - pomůcky

Postup:

Balónky nafoukneme a zajistíme před únikem vzduchu. Svážeme je k sobě, každý balónek přivážeme na opačný konec. Zavěsíme je tak aby provázek byl na obou stranách stejně dlouhý (Obrázek č. 2. 5. 6.). S pomocí vybraných žáků vytvoříme třením o hlavu statický náboj. Po chvíli je poprosíme, aby přestali třít a pustili balónky k sobě.

Co pozorujeme?

Když se balónky k sobě přiblíží, tak se najednou od sebe odmrští. Několikrát se znovu vrátí a zase uskočí zpět. Po chvíli se balónky zastaví několik centimetrů od sebe (Obrázek č. 2. 5. 7.). Tento jev je způsoben nabitím balónků statickou elektřinou, jež má záporný náboj. Pokud jsou oba balónky nabity záporně, tak dojde k jejich vzájemnému odpuzování. V našem případě odmrštěním a poté udržování vzdálenosti, mezi oběma předměty, časem dojde k úplnému vybití záporného náboje z obou balónků. A balónky se začnou znovu dotýkat. [1] [19]



Obrázek č. 2. 5. 6. - postup



Obrázek č. 2. 5. 7. - výsledek

2.5.4. Stavba baterie

Pokus:

Pokusíme se sestrojít funkční baterii pouze za pomoci běžných předmětů. Pokus by se měl provádět v zatemněné místnosti, aby byl efekt co největší.

Pomůcky:

Měděné mince (alespoň 10 kusů, všechny o stejném průměru), sklenku vody s rozpuštěnou solí (alespoň 10 lžiček), dva kusy izolovaného měděného drátu, alobal, papírový ubrousek, lepicí páska, nůžky, dioda



Obrázek č. 2. 5. 8. - pomůcky

Postup:

Vezmeme jednu z měděných mincí (vhodné jsou euro centy- mají vysoký podíl mědi) a devětkrát ji obkreslíme, jak na papírový ubrousek, tak na alobal. Poté za pomoci nůžek vystříháme kolečka (Obrázek č. 2. 5. 9.). Kolečka z papírových kapesníků poté namočíme do velice slané roztoku (10 lžiček na 0,2l vody). Kolečka na sebe vyskládáme tak, aby nahoře i dole na baterii byla vždy měděná mince, aby byly vytvořeny kontakty. Vnitřek baterie je tvořen střídavě po třech- mince (Obrázek č. 2. 5. 10.), alobal (Obrázek č. 2. 5. 11.), papír (Obrázek č. 2. 5. 12.). Vzniklý válec tvoří baterii (Obrázek č. 2. 5. 13.). Dále z konců měděných drátů odstraníme izolaci, a lepicí páskou připevníme každý konec na jednu stranu válce. Obvod uzavřeme za pomoci diody.

Co pozorujeme?

Alobal a měděné mince začnou reagovat na slanou vodu. Při této chemické reakci se vytvoří elektrický napětí. Pokud je obvod otevřený, tak není možné, aby vedl proud – dioda se nerozsvítí (Obrázek č. 2. 5. 14.). Pokud obvod uzavřeme, tak tím dovolíme, aby se proud mohl pohybovat drátem a rozsvítit diodu (Obrázek č. 2. 5. 15.). [1]



Obrázek č. 2. 5. 9. - postup - a



Obrázek č. 2. 5. 10. - postup - b



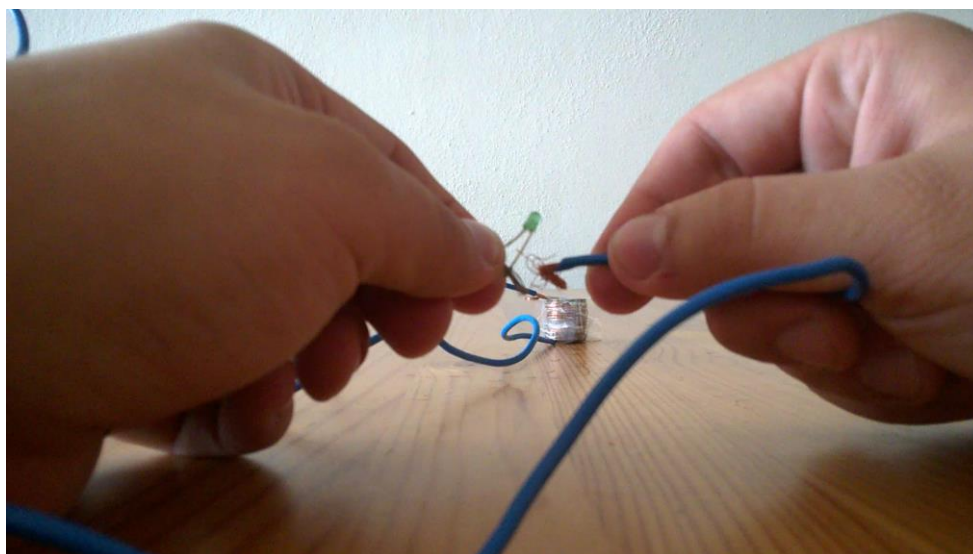
Obrázek č. 2. 5. 11. - postup - c



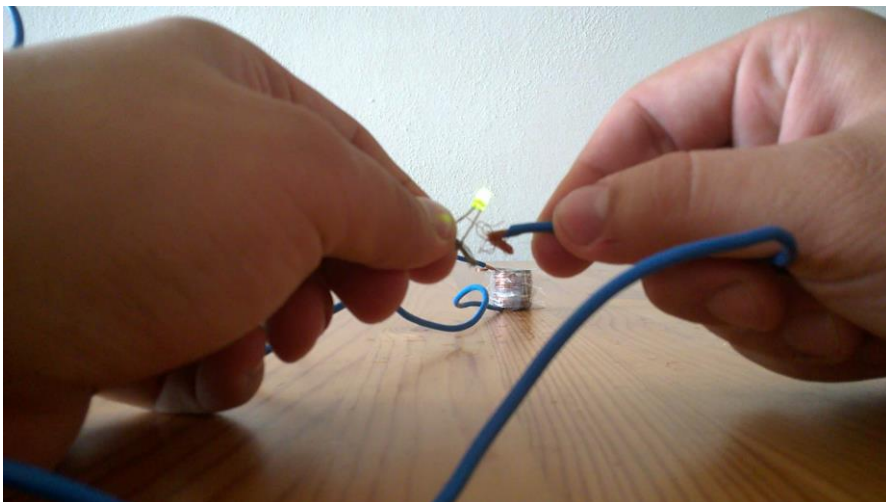
Obrázek č. 2. 5. 12. - postup - d



Obrázek č. 2. 5. 13. - postup - e



Obrázek č. 2. 5. 14. - výsledek - a



Obrázek č. 2. 5. 15. - výsledek - b

2.5.5. Volně vznášející se kompas

Pokus:

Prokázání existencí magnetických pólů. Nezáleží na tom, jak magnet ve vhodném prostředí umístíme, ale vždy změní orientaci ke správnému pólu.

Pomůcky:

Malý kousek papíru, malá miska z umělé hmoty, velká mísa z umělé hmoty, lepicí páska, voda, tyčový magnet, nůžky, tužka



Obrázek č. 2. 5. 16. - pomůcky

Postup:

Menší misku si obkreslíme na papír. Poté tento kruh vystříháme a popíšeme na něm správně světové strany. Následně za pomoci lepicí pásky upevníme do vodorovné polohy magnet do menší misky (Obrázek č. 2. 5. 17.). Do větší mísy nalijeme vodu. Do této mísy umístíme menší misku s magnetem, tak aby se tato miska vznášela na hladině vody. Malá miska působením magnetu mění polohu kolem svojí osy. Počkáme, až se miska s magnetem stabilizuje. Zkontrolujeme, zda se jeden konec magnetu natočil k severu a druhý k jihu (možnost porovnat s kompasem). Misku vyndáme a na ni přiložíme papírovou pokličku, kterou jsme si již dříve vystříhali, tak, aby se shodovaly ukazatele se správnými stranami magnetu (Obrázek č. 2. 5. 18.). To znamená značku severu na odpovídající část magnetu a značku jihu na opačnou stranu magnetu. Misku znovu položíme do větší mísy. Tento pokus se dá demonstrovat v různých částech třídy.

Co pozorujeme?

Tyčový magnet se v misce vždy natočí ve směru pólů. Tedy směrem na severní magnetické pole a jižní magnetické pole. Nesmíme si zaměnit směry, aby se po přiložení nákresu světových stran nestalo, že by obrázek ukazoval na sever s nápisem jih a směrem na jih s nápisem sever. Vždy je možná kontrola s kompasem.

Tento pokus lze provádět i za pomoci zmagnetizovaného špendlíku nebo jehly. Když položíme zmagnetizovanou jehlu na vodní hladinu, tak se během chvíle natočí směrem k severu a jihu. Chová se podobně, jako stříelka u kompasu. [1] [20]



Obrázek č. 2. 5. 17. - postup



Obrázek č. 2. 5. 18. - výsledek

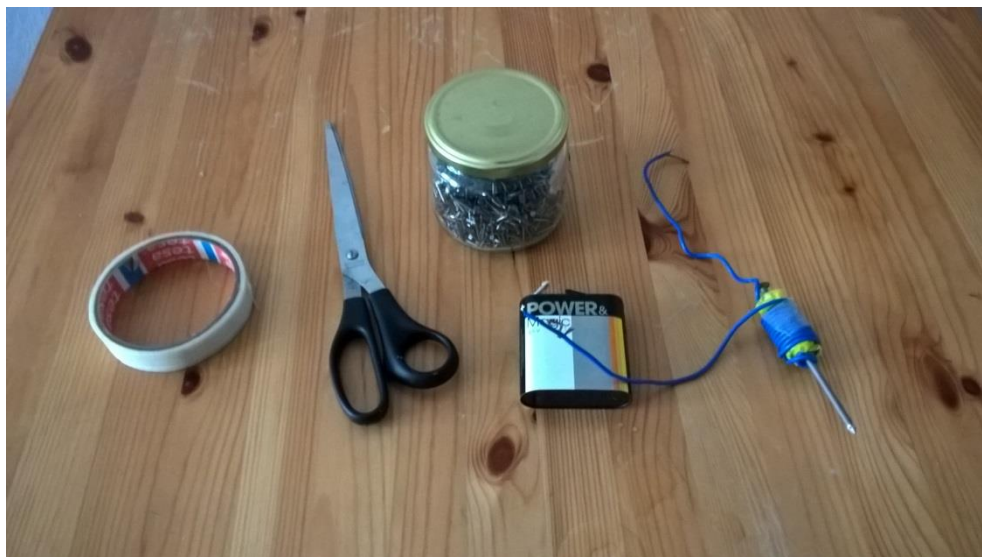
2.5.6. Elektromagnet

Pokus:

Vytvoření elektromagnetu za pomoci baterie a kusu kovu.

Pomůcky:

4.5 voltová baterie, lepicí páska, nůžky, 150 cm izolovaného drátu, velký hřebík, železné předměty



Obrázek č. 2. 5. 19. - pomůcky

Postup:

Odstraníme izolaci z obou konců drátu. Jeden konec připevníme za pomoci izolepy k pólu baterie. Poté tento drát opatrně ovineme drát kolem hřebíku (Obrázek č. 2. 5. 20.). Doporučujeme na hřebík navinout minimálně tři nejlépe čtyři vrstvy (Obrázek č. 2. 5. 21.). Na každou z vrstev dáme pro zpevnění proužek lepicí pásky. Zbývající volný konec drátu přilepíme na volný pól baterie (Obrázek č. 2. 5. 22.). Zkontrolujeme, zda je izolovaný drát stále připevněn k baterii. Přikládáme různé kovové předměty k hřebíku (doporučujeme postup sestavení zařízení přizpůsobit kvalitě použitého materiálu).

Co pozorujeme?

Vlivem elektrického proudu, jenž prochází ovinutým drátem, se hřebík velice rychle zmagnetizuje. Magnetická síla, jež takto vznikne, je silná natolik, že s hřebíkem můžeme přitahovat, zvedat a posouvat různé železné předměty (Obrázek č. 2. 5. 23.). Při přerušení elektrického proudu hřebík začíná ztrácet magnetické vlastnosti. Tento jev lze demonstrovat na různých vhodných kovových předmětech. [1]



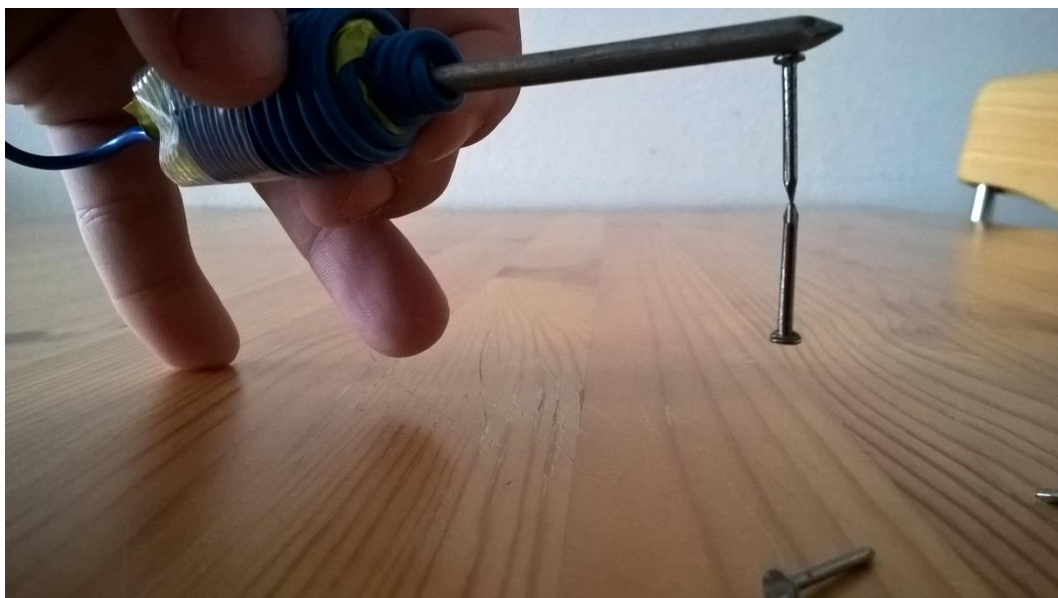
Obrázek č. 2. 5. 20. - postup - a



Obrázek č. 2. 5. 21. - postup - b



Obrázek č. 2. 5. 22. - postup - c



Obrázek č. 2. 5. 23. - výsledek

2.5.7. Různá vodivost různých kapalin

Pokus:

Elektrický proud neprochází místy, kde k tomu nemá podmínky. V tomto pokusu si dokážeme, že ne každá kapalina dokáže vodit elektrický proud.

Pomůcky:

2 sklenice, destilovaná voda, sůl, 4.5 voltová baterie, žárovka, drát



Obrázek č. 2. 5. 24. - pomůcky

Postup:

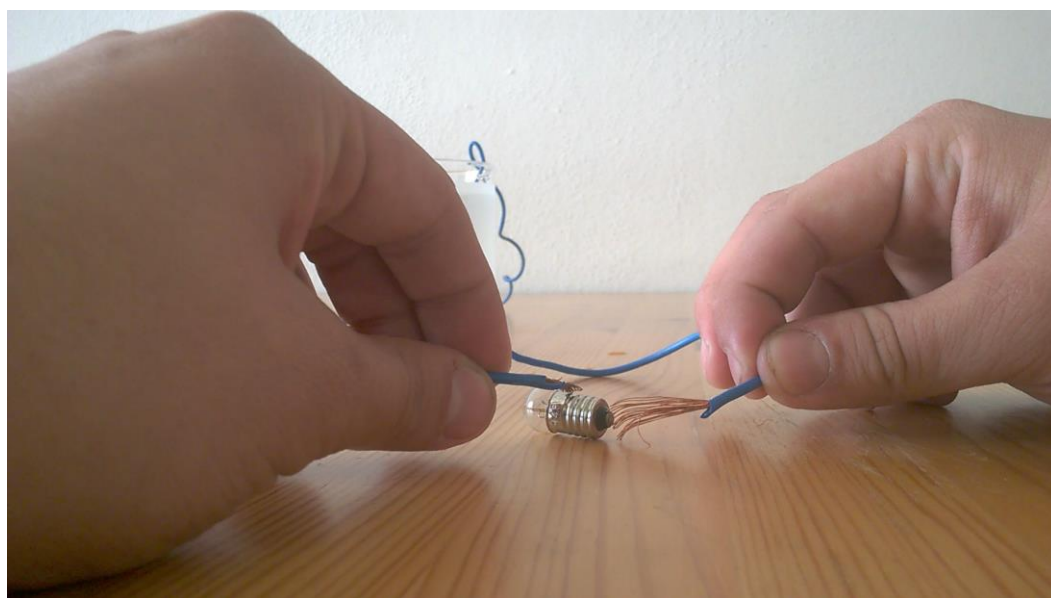
Sestavíme zařízení, pomocí kterého prokážeme rozdílnou vodivost kapalin. Jeden drát upevníme na baterii a k žárovce. Druhý drát zapojíme k druhému pólu baterie a necháme volně ležet. Třetí drát zapojíme k žárovce a druhý konec necháme volně ležet (Obrázek č. 2. 5. 25.). Sklenice naplníme vodou. V jedné sklenici vytvoříme rozmícháním alespoň 10 lžic soli solný roztok. Druhou sklenici, v které je destilovaná voda položíme vedle sklenice se solným roztokem. Dva volné konce nejdříve namočíme do čisté vody a poté do roztoku vody a soli. Pozorujeme, zda se žárovka rozsvítí nebo nerozsvítí.

Co pozorujeme?

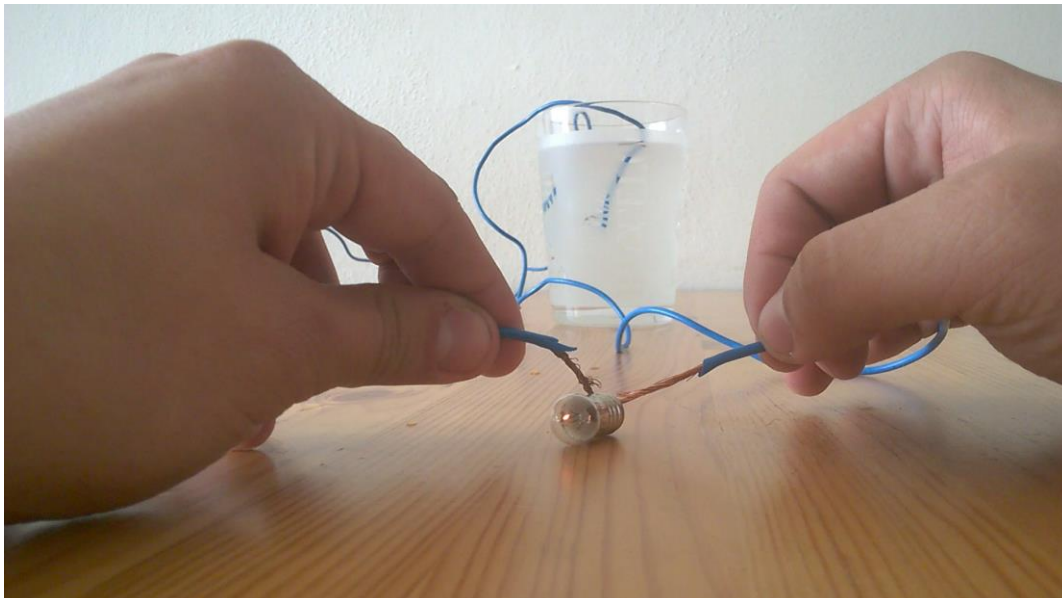
Pokud dráty vložíme do sklenice s čistou vodou, nepozorujeme v naší soustavě žádnou změnu (Obrázek č. 2. 5. 26.). Pokud však dráty ponoříme do sklenice, kde je roztok vody se solí, tak dojde k rozsvícení žárovky (Obrázek č. 2. 5. 27.). Tento jev je způsobený tím, že ve vodě, kde je rozpuštěná sůl. Vzniká iontový roztok, který je schopen vést elektrický proud. Kdežto v čisté destilované vodě nejsou elektricky nabitě částice, které umožňují tok proudu. [1]



Obrázek č. 2. 5. 25. - postup



Obrázek č. 2. 5. 26. - výsledek - a



Obrázek č. 2. 5. 27. - výsledek - b

2.6.Síly kolem nás

Pokusy v následující kapitole určitým způsobem představují takové fyzikální zákonitosti, které jsou v životě relativně snadno pozorovatelné. Při běžných činnostech se setkáme s působením sil, jejichž efekt je zjevný. Vnímavý jedinec je v jistých situacích schopen popsat základní fyzikální zákony, aniž si to uvědomuje. Faktem je, že mnoho z předešlých experimentů se v podmínkách poplatných danému prostředí můžeme taktéž setkat, avšak následující trojice experimentů je natolik zajímavá a inspirující, že je jim věnována tato samostatná kapitola.

2.6.1. Voda na houpačce

Pokus:

I když se voda jeví stejná, není tomu vždycky tak. Stejně množství vody může být ovlivněno různými příměsemi. V důsledku toho má voda různé vlastnosti (hmotnost, hustota, vodivost atd.).

Pomůcky:

Voda- destilovaná, 2 sklenice, sůl, primitivní houpačka



Obrázek č. 2. 6. 1. - pomůcky

Postup:

Sestavíme primitivní houpačku, kterou vycentrujeme do rovnovážného stavu. Každá sklenice obsahuje stejné množství vody, bez jakýchkoliv příměsí. Sklenice umístíme na houpačku, tak aby houpačka zůstala v rovnováze, tedy sklenice jsou umístěny stejně daleko od středu (Obrázek č. 2. 6. 2.). Sundáme skleničky. Do jednoho přidáme několik lžiček soli a pořádně rozmícháme (Obrázek č. 2. 6. 3.). Poté znovu umístíme skleničky na houpačku do stejných pozic, ve kterých byly předtím v rovnovážném stavu.

Co pozorujeme?

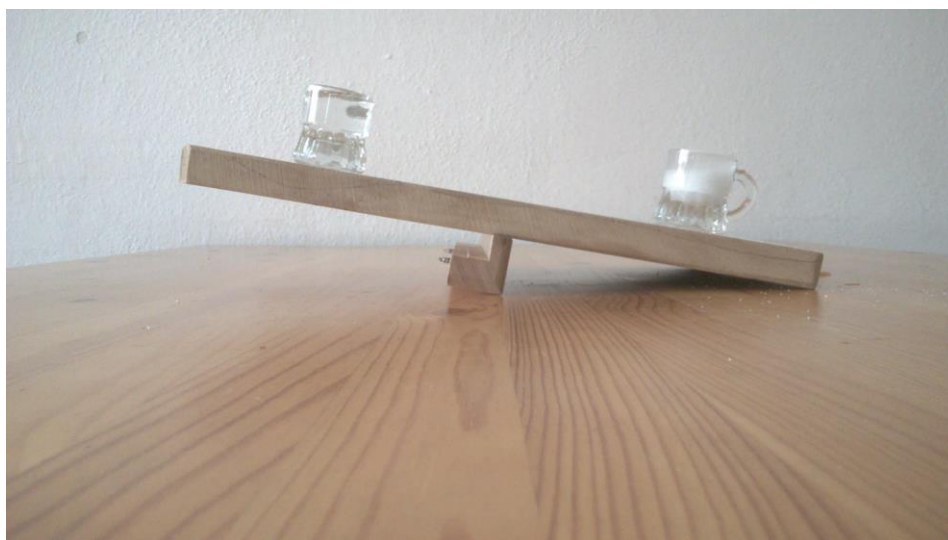
Čistě vody o stejném objemu váží stejně. Pokud však přidáme nějakou cizí složku, jež po rozpuštění změní vlastnosti tekutiny (těmito vlastnostmi myslíme například: hmotnost, hustotu či vodivost). V našem případě využijeme sůl k využití zvýšení hmotnosti tekutiny o stejném objemu. Díky tomu se jazýček vah vychýlí (Obrázek č. 2. 6. 4.). [1]



Obrázek č. 2. 6. 2. - postup - a



Obrázek č. 2. 6. 3. - postup - b



Obrázek č. 2. 6. 4. - výsledek

2.6.2. Domácí odstředivka z umělohmotné lahve

Pokus:

Jen díky kelímku, nůžkám a provázku si můžeme vyrobit vlastní domácí odstředivku, jež dokáže odstranit vodu z jakéhokoliv prádla.

Pomůcky:

Provázek, plastová lahev, nůžky s ostrou špičkou, špulka od nitě (nebo vlásenku), tužka, lihový fix



Obrázek č. 2. 6. 5. - pomůcky

Postup:

Na plastovou láhev si lihovým fixem poznačíme čáru, jež bude označovat vršek naší odstředivky (Obrázek č. 2. 6. 6.). Kolem dokola si naznačíme místa, kde budeme vystříhávat otvory, kterými v pozdější části našeho pokusu bude unikat voda z bubnu ven. Na horní okraj nakreslíme čtyři otvory, za které poté buben zavěsíme. Opatrně vystříhneme ostrými nůžkami vyznačené otvory a vršek odstředivého bubnu (Obrázek č. 2. 6. 7.). Poté předpřipravenými otvory pro zavěšení protáhněte provázky a zajistěte je tak, aby byl buben vyvážený na všechny strany. Jeden volný konec provázku nechte delší (Obrázek č. 2. 6. 8.). Poté na tento volný konec navlečte špulku od nitě (nebo vlásenku). Na konec provázku přivažte tužku (doporučuji přivázat za pomoci liščí smyčky, nebo lodního uzlu (Obrázek č. 2. 6. 9.)). Naplňte koš mokrými ubrousky, jednou rukou chytěte špulku a druhou rukou začněte točit tužkou kolem středové osy.

Co pozorujeme?

Když začneme točit tužkou kolem její středové osy (zavěšení provázku) vidíme, jak se dolní košíček z umělé hmoty začne otáčet. Vidíme, jak se uvnitř nádoby vytváří malá prohlubeň na hladině a tlačí okolní vodu na stěny nádoby. Čím rychleji točíme, tím výše dosahuje hladina na okrajích nádoby. Když se tekutina dostane do úrovně připravených dírek v láhvi, tak začne unikat z nádoby ven v podobě kapek (později slabých proudů) vody (Obrázek č. 2. 6. 10.,

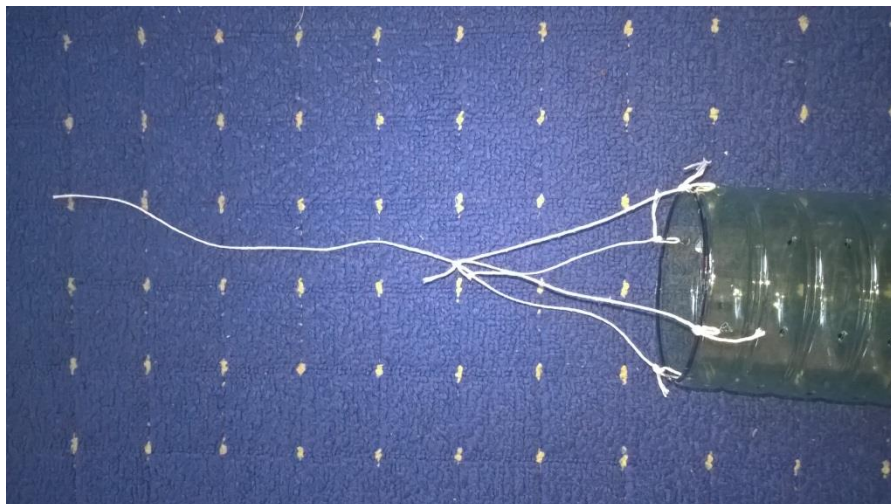
Obrázek č. 2. 6. 11.). Tomuto jevu říkáme odstředivá síla. Od středu naší soustavy (nádo­ba na prádlo) působí síla směrem ven od osy otáčení. Čím je okraj nádoby dál od středu, tím větší síla působí na kapalinu v nádobě. [1]



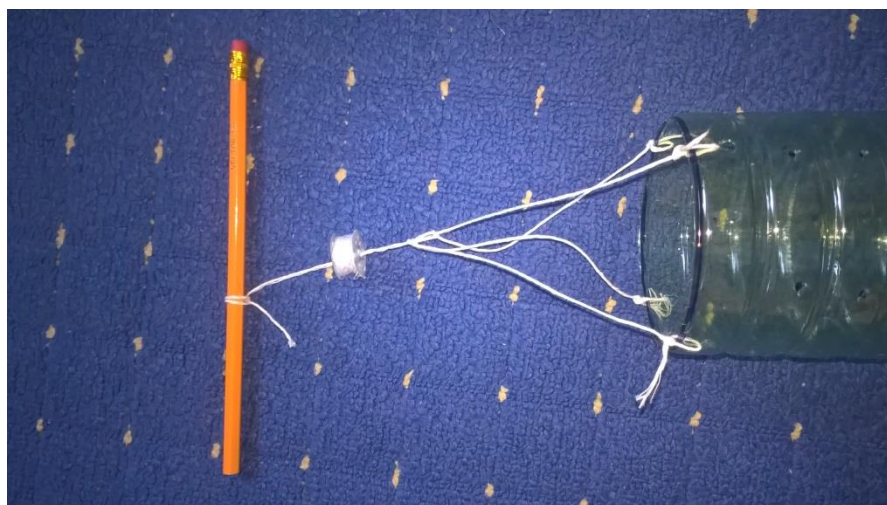
Obrázek č. 2. 6. 6. - postup – a



Obrázek č. 2. 6. 7. - postup – b



Obrázek č. 2. 6. 8. - postup – c



Obrázek č. 2. 6. 9. - postup – d



Obrázek č. 2. 6. 10. - výsledek - a



Obrázek č. 2. 6. 11. - výsledek - b

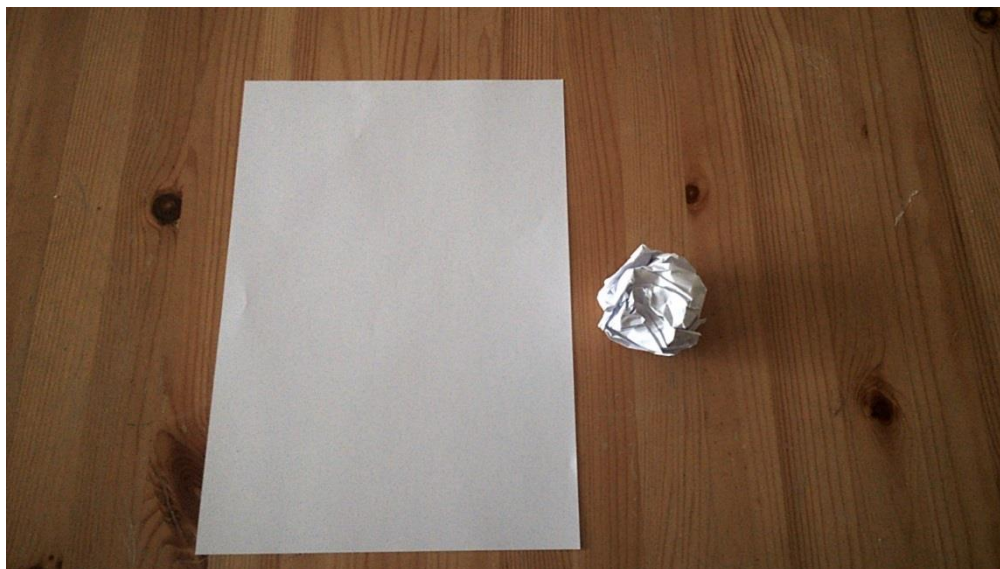
2.6.3. Závody v padání k zemi

Pokus:

V tomto pokusu se pokusíme demonstrovat odpor vzduchu na předmětech různých povrchů.

Pomůcky:

papír (celý), papír (zmuchlaný)



Obrázek č. 2. 6. 12. - pomůcky

Postup:

Jeden papír zmuchláme a druhý list necháme nezdeformovaný. Dáme je do stejné výšky a pustíme je v ten samý okamžik (Obrázek č. 2. 6. 13.).

Co pozorujeme?

Papír, který jsme nezmačkali, padá k zemi pomaleji, než papír, který jsme zdeformovali a udělali z něj kuličku (Obrázek č. 2. 6. 14., Obrázek č. 2. 6. 15., Obrázek č. 2. 6. 16.). U obou papírů máme stejnou hmotnost. Za tento jev může odpor vzduchu a závislosti na velikosti povrchu předmětu, který tento odpor zvyšuje. Kdežto u papíru, který je zdeformován, je odpor prostředí na jeho povrchu jen menší a k rychlosti jeho pádu přispívá ještě fakt, že je zmačkaný do formy kuličky (aerodynamika), kolem které dokáže lépe proudit vzduch, než kolem rovné plochy nezmačkaného papíru. Kdybychom tento pokus prováděli v hermeticky uzavřené místnosti, s vyčerpaným vzduchem, tj. ve vakuu, docílili bychom toho, že by na předměty nepůsobil žádný odpor prostředí, tudíž by oba dopadly ve stejný čas, nehledě na jejich tvar a hmotnost. [1]



Obrázek č. 2. 6. 13. - postup - a



Obrázek č. 2. 6. 14. - postup - b



Obrázek č. 2. 6. 15. - postup - c



Obrázek č. 2. 6. 16. - výsledek

3. Závěr

Přiblížení učiva zábavnou formou pro žáky bylo hlavním cílem mé bakalářské práce. Když člověk dlouho sedí v lavici a poslouchá monotónní výklad učitele, tak velice rychle ztrácí svoji pozornost. Naopak, když se může zapojit do dějů, jež se právě odehrávají před jeho očima, tak je to pro člověka něco úplně úžasného a neopakovatelného. Takto si člověk může získat jejich pozornost. Tím, že jej zaujme!

Čerpání nápadů na pokusy nebylo jednoduché. Avšak s vymyšlením témat jsem začal velice brzo, takže jsem měl dost času na to si vybrat, jaké série pokusů zpracuji do své bakalářské práce. Jednotlivé pokusy jsem testoval na svých přátelích a podle jejich reakce, jsem pokusy ohodnotil a zařadil do své práce. Oni mi je poté ohodnotili, způsobem, jakým by je jednotlivé pokusy zaujaly, kdybych jim je předváděl na hodinách fyziky. Z tohoto výběru jsem určil téměř tři desítky pokusů, které jsem nakonec zpracoval.

Zpracování některých pokusů bylo vcelku obtížnější, než jsem předpokládal. Někdy jednotlivé postupy, jež jsem znal, či se o nich dočetl, úplně nesplňovaly moje požadavky na zpracování, takže jsem musel chvílemi improvizovat, jak s pomůckami, tak s postupy jednotlivých pokusů.

Po těchto drobných klopýtnutích jsem se dobral cíli, který splňoval můj původní záměr. A to, že navrhnu sadu pokusů v podstatě: od dětí pro děti. Pokusy, které jsem zaznamenával na nahrávací zařízení, jsem prezentoval několika studentům, velice je zaujaly. Poté, když jsem přešel z prezentace na počítači na názornou ukázkou těchto a dalších pokusů v praxi, získal jsem jejich plnou pozornost a spolupráci.

Tato práce obohatila mé vědomosti ohledně fyziky a přístupu učitele k žákovi. Získal jsem poznatky z mnoha okruhů fyziky a doplnil jsem si mezery v tom, co jsem jako malý nedokázal pochopit. Teď vidím, jak jsou tyto jevy okolo nás jednoduché. Prostě fyzika.

4. Použitá literatura

- [1] Velká kniha pokusů. V nakl. Svojtka & Co. 1. vyd. Praha: Svojtka & Co., 2000. ISBN 80-7237-299-8
- [2] <http://lat.zshk.cz/vyuka/mereni-hustoty.aspx>, 20.04.2016
- [3] <http://kof.zcu.cz/vusc/pg/termo09/mechanics/v/v2.htm>, 06.04.2016
- [4] <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/641-povrchove-napeti>, 06.04.2016
- [5] <http://www.enviroexperiment.cz/fyzika-stredni-skola/atmosfera-zeme-podtlak-pretlak>, 20.04.2016
- [6] <http://fyzika.gjvj.cz/index.php/pokusy/molekulova-f/69-povrchove-napeti>, 20.04.2016
- [7] <https://www.vimproc.cz/?page=record&id=702>, 20.04.2016
- [8] <https://leporelo.info/stroboskopicky-jev>, 20.04.2016
- [9] <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/180-skladani-dvou-kolmych-kmitu>, 21.04.2016
- [10] <http://cs.wikihow.com/Jak-si-vyrobit-krasohled>, 21.04.2016
- [11] <http://posec.astro.cz/index.php/clanky/teorie/21-optbasic/31-zaklady-opticky-pristroju-opticke-zakony>, 21.04.2016
- [12] http://fyzweb.cz/materialy/bizarni_kramy/peri.php, 15.04.2016
- [13] <http://www.matfyz.cz/clanky/419-opticke-klamy-1>, 21.04.2016
- [14] <http://www.matfyz.cz/clanky/481-opticke-klamy-2>, 21.04.2016
- [15] <http://www.sciencealert.com/watch-what-guitar-strings-are-really-doing-up-close>, 07.04.2016
- [16] <http://www.zmescience.com/science/physics/guitar-strings-vibrate/>, 07.04.2016
- [17] <http://www.spsemoh.cz/vyuka/zae/el7.htm>, 21.04.2016
- [18] <https://phet.colorado.edu/cs/simulation/legacy/balloons-and-static-electricity>, 21.04.2016
- [19] <http://www.zsletohrad.cz/eu/fyzika/pokus6.htm>, 21.04.2016
- [20] http://alík.idnes.cz/zabavna-fyzika-kompas-z-korku-d28-/alík-alikoviny.asp?c=A131007_225740_alík-alikoviny_jit, 21.04.2016

5. Seznam obrázků

| | |
|---|----|
| Obrázek č. 2. 1. 1. - pomůcky | 9 |
| Obrázek č. 2. 1. 2. - nemísitelnost | 10 |
| Obrázek č. 2. 1. 3. - pomůcky | 11 |
| Obrázek č. 2. 1. 4. - průběh - a | 12 |
| Obrázek č. 2. 1. 5. - průběh - b | 12 |
| Obrázek č. 2. 1. 6. - průběh - c | 12 |
| Obrázek č. 2. 1. 7. - pomůcky | 13 |
| Obrázek č. 2. 1. 8. - průběh - a | 14 |
| Obrázek č. 2. 1. 9. - průběh - b | 14 |
| Obrázek č. 2. 1. 10. - průběh - c | 14 |
| Obrázek č. 2. 1. 11. - pomůcky | 15 |
| Obrázek č. 2. 1. 12. - výsledek | 16 |
| Obrázek č. 2. 1. 13. - pomůcky | 17 |
| Obrázek č. 2. 1. 14. - průběh - a | 18 |
| Obrázek č. 2. 1. 15. - průběh - b | 18 |
| Obrázek č. 2. 1. 16. - průběh - c | 18 |
| Obrázek č. 2. 1. 17. - pomůcky | 19 |
| Obrázek č. 2. 1. 18. - průběh | 20 |
| Obrázek č. 2. 1. 19. - výsledek | 20 |
| | |
| Obrázek č. 2. 2. 1. - pomůcky | 22 |
| Obrázek č. 2. 2. 2. - výsledek | 23 |
| Obrázek č. 2. 2. 10. - pomůcky | 24 |
| Obrázek č. 2. 2. 11. - průběh - a | 25 |
| Obrázek č. 2. 2. 12. - průběh - b | 25 |
| Obrázek č. 2. 2. 13. - výsledek | 25 |
| Obrázek č. 2. 2. 14. - výsledek | 26 |
| Obrázek č. 2. 2. 15. - výsledek | 26 |
| | |
| Obrázek č. 2. 3. 1. - pomůcky | 28 |
| Obrázek č. 2. 3. 2. - výsledek | 29 |
| Obrázek č. 2. 3. 3. - pomůcky | 30 |
| Obrázek č. 2. 3. 4. - výsledek - a | 31 |
| Obrázek č. 2. 3. 5. - výsledek - b | 31 |

| | |
|--|----|
| Obrázek č. 2. 3. 6. – výsledek - c | 31 |
| Obrázek č. 2. 3. 7. – výsledek - d | 32 |
| Obrázek č. 2. 3. 8. – výsledek - e | 32 |
| Obrázek č. 2. 3. 9. - pomůcky | 33 |
| Obrázek č. 2. 3. 10. - horizontální svícení..... | 34 |
| Obrázek č. 2. 3. 11. – výsledek | 34 |
| Obrázek č. 2. 3. 12. - pomůcky | 35 |
| Obrázek č. 2. 3. 13. - postup - a | 36 |
| Obrázek č. 2. 3. 14. - postup - b | 36 |
| Obrázek č. 2. 3. 15. – výsledek - a | 36 |
| Obrázek č. 2. 3. 16. – výsledek - b | 37 |
| Obrázek č. 2. 3. 17. - pomůcky | 38 |
| Obrázek č. 2. 3. 18. - postup - a | 39 |
| Obrázek č. 2. 3. 19. - postup - b | 39 |
| Obrázek č. 2. 3. 20. - postup - c | 39 |
| Obrázek č. 2. 3. 21. – výsledek | 40 |
| Obrázek č. 2. 3. 22. - pomůcky | 41 |
| Obrázek č. 2. 3. 23. - postup - a | 42 |
| Obrázek č. 2. 3. 24. - postup - b | 42 |
| Obrázek č. 2. 3. 25. - postup - c | 42 |
| Obrázek č. 2. 3. 26. - postup - d | 43 |
| Obrázek č. 2. 3. 27. - postup - e | 43 |
| Obrázek č. 2. 3. 28. - postup - f..... | 43 |
| Obrázek č. 2. 3. 29. – výsledek - a | 44 |
| Obrázek č. 2. 3. 30. – výsledek - b | 44 |
| Obrázek č. 2. 3. 31. – výsledek - c | 44 |
| Obrázek č. 2. 3. 32. - pomůcky | 45 |
| Obrázek č. 2. 3. 33. - postup..... | 46 |
| Obrázek č. 2. 3. 34. – výsledek | 46 |
| Obrázek č. 2. 3. 35. - pomůcky | 47 |
| Obrázek č. 2. 3. 36. - postup - a | 48 |
| Obrázek č. 2. 3. 37. - postup - b | 48 |
| Obrázek č. 2. 3. 38. – výsledek - a | 49 |
| Obrázek č. 2. 3. 39. – výsledek - b | 49 |
| Obrázek č. 2. 3. 40. - pomůcky | 50 |
| Obrázek č. 2. 3. 41. - výsledek | 51 |

| | |
|--|----|
| Obrázek č. 2. 3. 42. - výsledek | 51 |
| Obrázek č. 2. 3. 43. - výsledek | 51 |
| Obrázek č. 2. 3. 44. - výsledek | 52 |
| Obrázek č. 2. 3. 45. - výsledek | 52 |
| Obrázek č. 2. 3. 46. - výsledek | 52 |
| | |
| Obrázek č 2. 4. 1. - pomůcky | 54 |
| Obrázek č 2. 4. 2. - postup - a | 55 |
| Obrázek č 2. 4. 3. - postup - b | 55 |
| Obrázek č 2. 4. 4. - postup - c | 55 |
| Obrázek č 2. 4. 5. - výsledek - a | 56 |
| Obrázek č 2. 4. 6. - výsledek - b..... | 56 |
| Obrázek č 2. 4. 7. - výsledek - c | 56 |
| Obrázek č 2. 4. 8. - pomůcky | 57 |
| Obrázek č 2. 4. 9. - výsledek - a | 58 |
| Obrázek č 2. 4. 10. - výsledek - b..... | 58 |
| Obrázek č 2. 4. 11. - výsledek - c | 58 |
| | |
| Obrázek č. 2. 5. 1. - pomůcky | 60 |
| Obrázek č. 2. 5. 2. - výsledek | 61 |
| Obrázek č. 2. 5. 3. - pomůcky | 62 |
| Obrázek č. 2. 5. 4. - výsledek | 63 |
| Obrázek č. 2. 5. 5. - pomůcky | 64 |
| Obrázek č. 2. 5. 6. - postup..... | 65 |
| Obrázek č. 2. 5. 7. - výsledek | 65 |
| Obrázek č. 2. 5. 8. - pomůcky | 66 |
| Obrázek č. 2. 5. 9. - postup - a | 67 |
| Obrázek č. 2. 5. 10. - postup - b | 67 |
| Obrázek č. 2. 5. 11. - postup - c | 67 |
| Obrázek č. 2. 5. 12. - postup - d | 68 |
| Obrázek č. 2. 5. 13. - postup - e | 68 |
| Obrázek č. 2. 5. 14. - výsledek - a..... | 68 |
| Obrázek č. 2. 5. 15. - výsledek - b..... | 69 |
| Obrázek č. 2. 5. 16. - pomůcky | 70 |
| Obrázek č. 2. 5. 17. - postup..... | 71 |

| | |
|--|----|
| Obrázek č. 2. 5. 18. - výsledek | 71 |
| Obrázek č. 2. 5. 19. - pomůcky | 72 |
| Obrázek č. 2. 5. 20. - postup - a | 73 |
| Obrázek č. 2. 5. 21. - postup - b | 73 |
| Obrázek č. 2. 5. 22. - postup - c | 73 |
| Obrázek č. 2. 5. 23. - výsledek | 74 |
| Obrázek č. 2. 5. 24. - pomůcky | 75 |
| Obrázek č. 2. 5. 25. - postup..... | 76 |
| Obrázek č. 2. 5. 26. - výsledek - a..... | 76 |
| Obrázek č. 2. 5. 27. - výsledek - b..... | 77 |
| | |
| Obrázek č. 2. 6. 1. - pomůcky | 79 |
| Obrázek č. 2. 6. 2. - postup - a | 80 |
| Obrázek č. 2. 6. 3. - postup - b | 80 |
| Obrázek č. 2. 6. 4. - výsledek | 80 |
| Obrázek č. 2. 6. 5. - pomůcky | 81 |
| Obrázek č. 2. 6. 6. - postup – a..... | 82 |
| Obrázek č. 2. 6. 7. - postup – b..... | 82 |
| Obrázek č. 2. 6. 8. - postup – c..... | 83 |
| Obrázek č. 2. 6. 9. - postup – d..... | 83 |
| Obrázek č. 2. 6. 10. - výsledek - a..... | 84 |
| Obrázek č. 2. 6. 11. - výsledek - b..... | 84 |
| Obrázek č. 2. 6. 12. - pomůcky | 85 |
| Obrázek č. 2. 6. 13. - postup - a | 86 |
| Obrázek č. 2. 6. 14. - postup - b | 86 |
| Obrázek č. 2. 6. 15. - postup - c | 86 |
| Obrázek č. 2. 6. 16. - výsledek | 87 |