

Návody na pokusy

Soubor Návody na pokusy vznikl v rámci bakalářské práce s názvem Fyzikální pokusy a gamebook. V souboru je shrnuto celkem 8 pokusů, které se vyskytují ve Fyzikálním gamebooku:

- Tání kostek ledu v čisté a slané vodě
- Lom světla – válcová čočka
- Tančící rozinky
- Triboluminiscence cukru
- Valení plechovky
- Neneutonská tekutina
- Závody domina
- Průchod papírem

Fyzikální gamebook je metodický materiál, který poutavou a nenásilnou formou přiměje žáka přemýšlet nad zajímavými fyzikálními problémy, které se dají snadno interpretovat na domácích experimentech.

Každý pokus v souboru je doprovázen seznamem pomůcek, návodem na provedení, výsledkem se zdůvodněním, metodickými poznámkami a průpravným pokusem či zamyšlením. U těch pokusů, kde to bylo možné, je přiložen pořízený fotografický záznam nebo odkaz na autorské video.

Autorkou bakalářské práce je Jasmína Tarakjiová, studentka Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy, oboru Fyzika zaměřená na vzdělávání, která pracovala pod vedením RNDr. Jitky Houfkové, Ph.D.

Máte-li jakékoliv připomínky, neváhejte napsat email na jasmina.t@seznam.cz.

Tání kostek ledu v čisté a slané vodě

Motivační zamyšlení:

Tání je skupenská přeměna, při které se mění pevná látka na kapalinu. Na čem může rychlost tání záležet? Jak demonstrovat souvislost mezi teplotou a hustotou kapaliny?

Pomůcky:

- 2 ideálně stejné skleničky
- Nádobka s vodou (PET lahev, karafa...)
- Kuchyňská sůl (zhruba 2 polévkové lžíce na 100 ml)
- Kostky ledu

Pro prezentování a nápomoc hlubšímu porozumění žáků je vhodné použít:

- Bodový teploměr



Obrázek 1 – Pomůcky pro pokus Tání kostek ledu v obyčejné a slané vodě

Pokus č. 1

Postup:

Nejprve je potřeba vyrobit kostky ledu, které připravíme několik hodin předem. Dále naplníme nádobu vodou a necháme ustálit na pokojové teplotě. Zamezíme tím potenciálnímu ovlivnění pokusu, které by bylo způsobeno rozličnými počátečními podmínkami (v našem případě teplotami) v jednotlivých sklenicích. Ustálenou vodu nalijeme do sklenic. Do jedné ze sklenic přidáme kuchyňskou sůl a promícháme. Pokud po promíchání zůstanou na dně sklenice částičky soli, ničemu to nevadí. Vložíme do každé sklenice jednu kostku ledu a sledujeme průběh tání.

Výsledek:

Kostka ledu v čisté vodě roztaje rychleji než ve vodě slané.

Vysvětlení:

V čisté neosolené vodě klesá odtávající studená voda ke dnu sklenice. Zmenšující se kostka ledu je tak stále obklopena vodou o vyšší teplotě. Tento jev je způsoben tím, že studená voda má větší hustotu, než voda teplá.

Ve slané vodě se odtávající voda drží na hladině a vytváří tak studený ostrov, který kostku obklopuje. Hustota slané i když teplé vody je totiž ještě větší než hustota čisté studené vody. (Pro zajímavost: průměrná hustota mořské vody na povrchu oceánu je 1,025 g/ml. Naše slaná voda ve sklenici tak má ještě větší hustotu než ta v moři, jelikož v moři se nejedná o nasycený roztok. Maximální hustota čisté vody je 1,000 g/ml při teplotě 4 °C [1].)

Tání (tepelná výměna) je tím rychlejší, čím jsou výraznější teplotní rozdíly látek (kostky ledu a vody jí obklopující). V tomto případě je větší rozdíl právě pro kostku ledu v čisté vodě.



Obrázek 2 – Výsledek po roztání kostek obarvených ovocným čajem

Metodické poznámky:

Při přípravě kostek je možné do vody přimíchat potravinářské barvivo nebo ovocný čaj a získat tak kostky obarvené. Pozorování tání ledu pak bude zřetelnější.

Je možné, že při měření počátečních teplot nedosáhneme ihned po přimíchání soli úplně stejných hodnot. Rozpouštění soli je endotermický proces, a proto může být teplota až o 2 stupně nižší. Pro uspokojení zvědavých hlaviček je možné čekat na ustálení teplot, nebo přimíchat teplejší vodu a opět nechat vodu ve sklenici ustálit.

Pro celkové urychlení experimentu je možné použít vodu o vyšší teplotě.

Pro ověření experimentu lze namísto soli použít cukr. Výsledek bude stejný a vyvrátí možnou hypotézu, že za výsledkem stojí chemická reakce vody a soli.

Průběh i finální výsledek je vhodné doprovodit měřeními teplot u dna a u hladiny jednotlivých sklenic. Ideálním pomocníkem nám bude bodové čidlo, které má malou tepelnou kapacitu a rozměry, a proto nám experiment neovlivní.

Průpravné pokusy:

Prozkoumejme hustotu i jiných kapalin tak, že si namícháme *Archimédův koktejl*. Připravme si vysokou úzkou skleničku a tekutiny o různé hustotě (med, sirup, slaná voda, vaječný bílek, smetana, olivový olej, líh...). Pokud nějakou z těchto surovin nemáme, můžeme ji vynechat. Ideálně v tomto pořadí tekutiny opatrně (třeba přes lžičku) naléváme do skleničky. Tekutiny zůstanou oddělené a vytvoří tak několikapatrový koktejl, jehož patra budou seřazena podle hustoty tekutin. Dole bude tekutina s nejvyšší hustotou (z uvedených med), nahoře s nejnižší (z uvedených líh).

Pokud bychom chtěli zkoumat hustotu teplé a studené vody, můžeme si vytvořit a pozorovat *Podvodní sopku*. Budeme k tomu potřebovat velkou sklenici, malou nádobku (dobře poslouží třeba víčko od zvýrazňovače), potravinářské barvivo, špejli, lepenku, studenou a vroucí vodu. Začneme tak, že do velké sklenice nalijeme studenou vodu. K malé nádobce připevníme lepenkou špejli. Následně do ní nalijeme trochu barviva a smícháme s vroucí vodou. Naplněnou nádobku ponoříme s pomocí špejle až ke dnu velké sklenice. Horká obarvená voda z nádobky začne stoupat k hladině – má menší hustotu než voda studená.

Zdroje:

[1], [2], [3], [4], [5]

Odkaz na autorské video:

<https://youtu.be/Oose45woKJ4> – včetně grafů
https://youtu.be/uSvDQeiP_hc – bez grafů

Lom světla – válcová čočka

Motivační zamyšlení:

Lom a odraz světla patří mezi důležité optické jevy. Jak žákům přiblížit hravou a nenáročnou formou lom světla? Jaké vlastnosti má obraz za válcovou čočkou?

Pomůcky:

- Zavařovací sklenice (postačí i libovolná hladká sklenička válcového tvaru)
- Voda
- Papír
- Psací potřeby

Postup:

Na papír nakreslíme různé obrázky. Vhodné budou takové, které nebudou symetrické podle svislé osy. Názorná mohou být i čísla či písmena.

Papír upevníme do svislé polohy (např. opřeme o zeď, přichytíme do kancelářských desek, připneme lepenkou...)

Postavíme sklenici těsně před papír a přilijeme do ní vodu. Postupně budeme sklenici oddalovat (přibližně po 5 cm) a pozorovat změny pozorovaného obrazu.

Výsledek:

Při prvotním pozorování, kdy je sklenice těsně u papíru, sledujeme zvětšený obraz. Oddalováním skleničky se obraz zvětšuje, následně zužuje, a v určité vzdálenosti stranově převrací.

Vysvětlení:

Základní vlastností čoček je, že lámou světlo. Světlo se v nich šíří pomaleji než ve vzduchu. Kulovou spojnou čočku poznáme podle silnějšího středu a tenčích krajů. U rozptylné je tomu naopak. Pokud je však čočka natolik malá, že nelze klasifikovat, stačí se podívat skrz ni do dálky. Spojka při pohledu třeba na vzdálené budovy obraz převrací, rozptylka ne.

V našem pokusu jde spíše o přiblížení vlastností válcové čočky. Ta je většinou tvořena broušeným sklem, které je z jedné strany vybroušeno do válcové plochy a z druhé je rovné. Pro pochopení a předvedení vlastností postačí jako náhrada válcová sklenice naplněná vodou, která se v těsné blízkosti papíru chová jako spojná čočka, tedy jako lupa.

Pokus č. 2

Metodické poznámky:

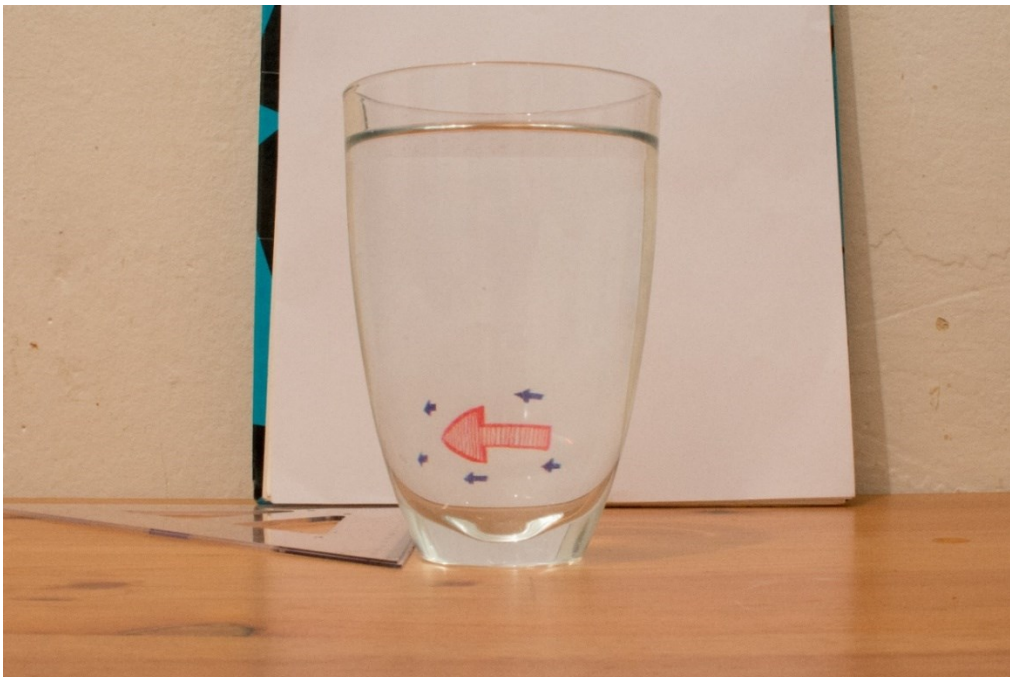
Je potřeba dívat se na sklenici přímým směrem. Pokud stojíme v nevhodném úhlu, obraz se nám bude jevit deformovaný.

Jako využití válcové čočky můžeme zmínit oční optiku. Válcové čočky slouží ke korekci astigmatismu, což je oční vada způsobená rozdílným zakřivením čočky v oku ve svislém a vodorovném směru.

Pro další pozorování je možné zkoumat kapaliny o jiných indexech lomu (olej, velmi sladkou vodu...)



Obrázek 3 – Pohled na obrázek skrz válcovou skleničku před nalitím vody



Obrázek 4 – Pohled na obrázek skrz válcovou skleničku po nalití vody

Pokus č. 2

Průpravný pokus:

Pozorujme vlastnosti spojné čočky pomocí lupy. Položíme lupu na obrázek a popíšeme, co vidíme. Následně lupu uchopíme a od obrázku se začneme vzdalovat. Změnily se vlastnosti pozorovaného obrazu? Co když se podíváme lupou z okna na vzdálené budovy?

To stejné pozorování můžeme provést i s brýlemi. Ideální by byla situace, kdy se sejdou krátkozrací a dalekozrací vlastníci brýlí. Opět zapisujeme výsledky z pozorování a zaměřujeme se na rozdíly mezi spojkami a rozptylkami.

Zdroje:

[6], [7], [8]

Odkaz na autorské video:

<https://youtu.be/iEqVYVomLLQ>

Tančící rozinky

Motivační zamyšlení: Kámen hozený do vody klesá ke dnu, zatímco pingpongový míček plave na hladině. Dokážou některá tělesa zaujmout obě tyto polohy?

Pomůcky:

- Průhledná sklenička
- Perlivá voda
- Rozinky či brusinky (postačí 5-10)



Obrázek 5 – Pomůcky pro pokus Tančící rozinky

Postup:

Skleničku naplníme perlivou vodou. Přisypeme pár kusů zvoleného sušeného ovoce a pozorujeme, co se bude dít.

Výsledek:

Rozinky po vložení do sklenice s perlivou vodou klesnou ke dnu. Následně začnou obaleny bublinkami stoupat ke hladině, odkud opětovně klesnou zpátky ke dnu. Děj se několik minut opakuje.

Pokus č. 3

Vysvětlení:

Rozinky po vložení do sklenice klesají ke dnu, protože mají vyšší hustotu než voda. Jelikož je voda perlivá, přichytí se množství bublinek oxidu uhličitého na rozinky a ty začnou stoupat ke hladině. Bublinky se snadno přichytí, jelikož je povrch rozinek nepravidelný. Celková průměrná hustota rozinek s bublinkami, které je nadnáší, je nižší než hustota samotné vody. U hladiny se bublinky uvolní do vzduchu, rozinky tak opět klesají ke dnu a jev se znovu opakuje. Děj není nekonečný. Přestane ve chvíli, kdy vyprchá značné množství oxidu uhličitého, případně kdy rozinky nabobtnají.

Alternativa:

Perlivou vodu můžeme zaměnit za 300 ml vody, 5 lžic octu a 2 lžíce jedlé sody. V tomto postupu začneme smícháním vody a sody. Následně přidáme rozinky. Teprve jako poslední krok přidáme pomalu ocet a sledujeme reakci.

Reakcí octa s jedlou sodou (hydrogenuhličitanem sodným: NaHCO_3) vzniká plynný oxid uhličitý CO_2 . Ten byl v prvním způsobu provedení již přítomen v perlivé vodě.

Metodické poznámky:

Rozinky lze nahradit jiným ovocem. K pokusu můžeme použít třeba brusinky, kuličky hroznového vína...

Pro zpestření si mohou děti svou rozinku označit a hrát závody, čí rozinka vyplave ke hladině jako první.

Pro snazší vyplavení rozinek je můžeme rozpúlit.



Obrázek 6 – Detail brusinek s bublinkami

Průpravné zamyšlení:

Představme si, že bychom učili úplného neplavce, aby se neutopil. Kromě šlapání vody využijeme navíc výborných pomocníků – nafukovacího plovacího kruhu či rukávků. Tyto pomůcky jsou napuštěny plynem (většinou vzduchem), který má výrazně menší hustotu než voda, a proto udrží člověka při hladině. (Ne)plavec s rukávkami má tedy nižší průměrnou hustotu než voda stejně jako rozinky s bublinkami. Pokud bychom však rukávky propíchnli, člověk by měl opět tendenci klesat ke dnu.

Zdroje:

[9], [10]

Odkaz na autorské video:

<https://youtu.be/cMbCY2eK2yc>

Triboluminiscence cukru

Motivační zamyšlení: Ač zní název experimentu krkolomně, pro děti může být triboluminiscence mnohdy překvapivé a atraktivní přiblížení jevu vyzařování světla.

Pomůcky:

- Kostkový cukr
- Hmoždíř s tloučkem, případně mělký talíř a pevnou průhlednou misku s plochým dnem

Postup:

Pro ideální podmínky pozorování výsledků experimentu je potřeba nastolit v místnosti perfektní tmu. Na tu by si měly naše oči pár minut zvykat, aby se adaptovaly na „noční pozorování“.

Cukr vhodíme do hmoždíře a tloučkem ho začneme drtit.

Pokud využijeme talíře a misky, budeme postupovat obdobně. Kostky cukru položíme na talíř a následně na ně položíme misku otočenou dnem dolů. Chytíme misku za okraje a začneme na ni tlačit a tím cukr drtit.

Výsledek:

Při drcení cukru pozorujeme světelné záblesky.

Vysvětlení:

Tento experiment je vysvětlován fyzikálním procesem, který se nazývá triboluminiscence. Nejvíce přijímané vysvětlení je, že drcením cukru vlastně rozbíjíme asymetrické krystaly, které jej tvoří. Ty se rozdělí na krystalky s rozdílnými elektrickými náboji. Aby se krystaly opět staly neutrálními, probije mezi nimi menší výboj, který je ve tmě viditelný.

Metodické poznámky:

Místo kostkového cukru lze použít i sypký krystalický, ale výsledek nemusí být tak zřetelný.

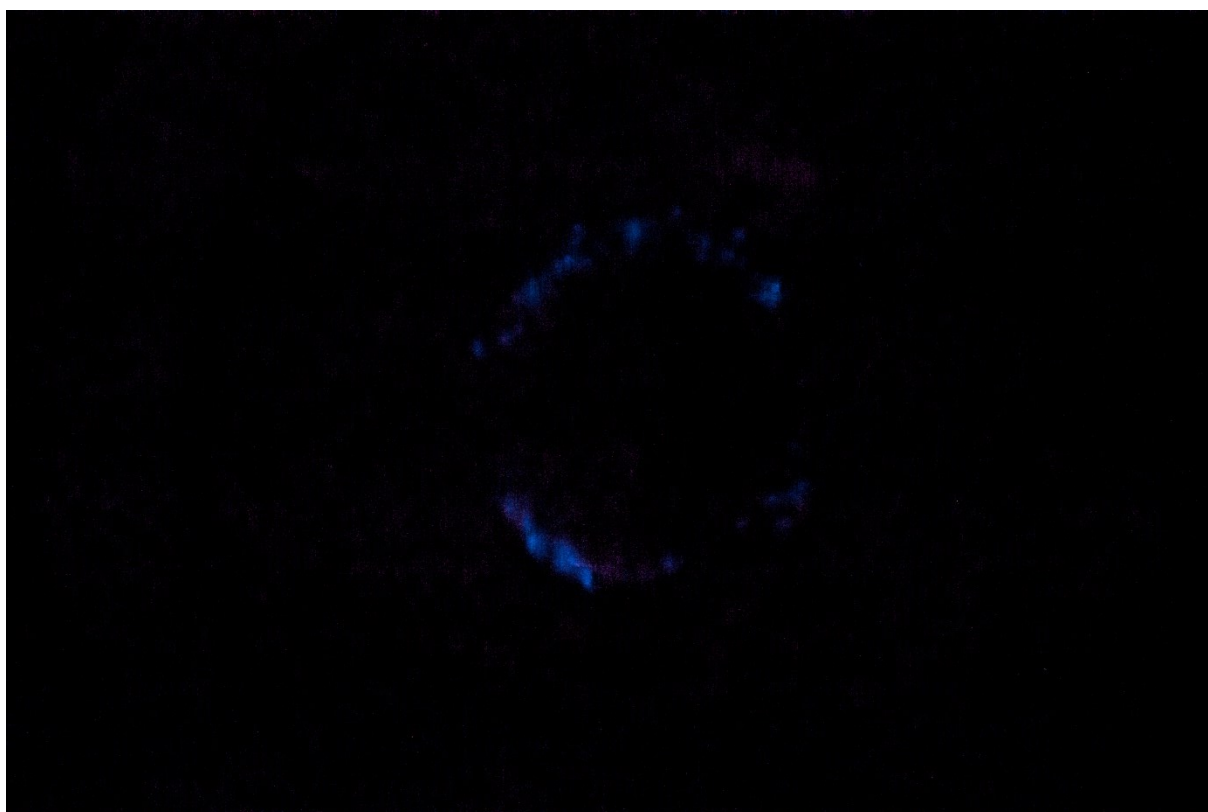
Pokud se naše oči dostatečně adaptovaly, můžeme zkusit škrtnout jednou kostkou o druhou. I v tomto případě by měl být záblesk pozorovatelný.

Triboluminiscenci lze demonstrovat mimo jiné i škrtnutím křemennými oblázky nebo třeba rychlým odtrhnutím lepicí pásky z cívky. Druhý zmíněný způsob je potřeba předem vyzkoušet, neboť světélkují jen některé typy pásek.

Pokus č. 4



Obrázek 7 – Pomůcky pro pokus Triboluminiscence cukru



Obrázek 8 – Zachycené foto (30 s f/1,8 35 mm, ISO 10000) při drcení cukru průhlednou miskou s lehce vypouklým dnem

Pokus č. 4

Průpravný pokus:

Podobného efektu lze dosáhnout i při křesání křemenu. Od místa střetu si můžeme všimnout vylétajících jisker. Jedná se o projev triboluminiscence. Jestli nějaké křemenu máme po ruce, můžeme zkusit i tento způsob. (Pozn.: Pro zažehnutí ohně bychom museli o křemen křísnout ideálně pyritem neboli disulfidem železnatým. To je minerál, jehož název pochází z řečtiny a znamená oheň, a kterému se kvůli často zlatavé barvě přezdívá kočičí zlato.)

Zdroje:

[11], [12], [13], [14], [15]

Valení plechovky

Motivační zamyšlení: Z běžného života víme, že protřepanou plechovku s limonádou si rozhodně nechceme ihned otevřít. Co jiného můžeme u protřepané plechovky pozorovat za rozdíly od neprotřepané?

Pomůcky:

- Plechovka s limonádou
- Ohebná překližka (či jiné pomůcky, které nahradí prohnutou rampu)

Postup:

Překližku prohne tak, aby vytvořila rampu ve tvaru U. Vezmeme plechovku s limonádou, umístíme ji naležato na vrchol rampy a necháme valit, dokud se nezastaví. Počítáme jednotlivé změny směru pohybu plechovky.

Následně plechovkou zatřese a pokus zopakujeme. Výsledné počty porovnáme.

Výsledek:

Protřepaná plechovka se zastaví dřív.

Vysvětlení:

Při valení neprotřepané plechovky kapalina „klouže“ po vnitřním povrchu plechovky, a nic jí v tom nebrání. Kapalina se v plechovce příliš nerozhýbe a hladina zůstává vodorovná, i když se plechovka otáčí.

Pokud plechovku protřepeme, její hmotnost se nezmění. U hladiny se však vytvoří vrstva bublin z oxidu uhličitého, která bude hladké klouzání tekutiny po povrchu plechovky komplikovat. Tekutina nyní klade mnohem větší odpor otáčející se plechovce, neboť bublinky přichycené díky povrchovému napětí k povrchu plechovky zabraňují hladkému klouzání. Tato odporová síla dopomáhá ke zpomalení valení, dokud se plechovka po pár změnách směru úplně nezastaví. Část pohybové energie se navíc ztrácí tím, jak bublinky při změnách směru přepadávají na tekutinu.

Metodické poznámky:

Pokud bychom chtěli pokus provádět v opačném směru, nejdřív s protřepanou plechovkou a až následně neprotřepanou, provedeme to tak, že na povrch plechovky několikrát „cvrnkneme“.



Obrázek 9 – Pomůcky pro pokus Valení plechovky

Průpravné zamyšlení:

Představme si, že se koná velký závod superhrdinů. Do finále se probojoval Spiderman a Superman. Oba za poslední dobu lehce zlenivěli a momentálně mají úplně stejnou fyzickou výkonnost. Navíc je v pravidlech soutěže dáno, že superhrdinové nesmí používat své schopnosti, jedná se čistě o běh... Jestliže jsou stejně rychlí, výsledek by mohl ovlivnit už jenom super-oblek. Kdo má větší šanci na úspěch? (Odpověď: Spidermanův oblek je elastický a upnutý na těle. Toho například využívají při závodech cyklisté, aby měli co nejmenší odpor vzduchu. Součástí Supermanova obleku je jeho kápě, která za ním plovává jako třeba rozepnutý kabát, a tím ho brzdí. Poběží-li Superman ve svém obleku, vyhraje Spiderman. Zkusit to můžeš i na sobě. Proběhni se jednou se zapnutou bundou, podruhé ji rozepni. S plovávajícím kusem oblečení se ti poběží hůř.)

Zdroje:

[16]

Odkaz na autorská videa:

<https://youtu.be/Td3KunbvsK0> – plechovka

<https://youtu.be/JwhVxtwO3bs> – průhledná lahev

Nenewtonská tekutina

Motivační zamyšlení: Když skáče šipku do vody, dá se snadno představit šplouchnutí a potopení plavce do vody. Chovají se však všechny tekutiny stejně jako voda?

Pomůcky:

- Mísa
- 100 ml vody
- 125 g škrobu

Postup:

Škrob smícháme s vodou a vytvoříme tak neobvyklou směs.

Zkoumejme její vlastnosti. Zkusme do směsi udeřit, následně ji jen vzít do ruky a nechat stékat, pak třeba vytvořit kouli...

Výsledek:

Když do hmoty udeříme, chová se jako pevná látka. Pokud ji takovému tlaku nevystavíme, necháme ji třeba jen stékat mezi prsty, chová se jako kapalina.

Vysvětlení:

Už z názvu pokusu vyplývá, že problém bude s platností Newtonova zákona viskozity. Zatímco u newtonských kapalin (jako např. voda) je viskozita konstantou přímé úměrnosti ve vztahu mezi rychlostí deformace a napětím, u nenewtonských kapalin (jako např. směs vody a škrobu) tato přímá úměrnost neplatí a zavádí se pouze zdánlivá viskozita, která je však závislá na velikosti a době působení deformačního napětí.

Metodické poznámky:

Při diktování pomůcek je vhodné zmínit krom škrobu též název solamyl, pod kterým se často vyskytuje v obchodech.

Po dokončení pokusu směs rozhodně nevyhazujeme. Misku se směsí stačí položit na topení a nechat vysušit. Získáme tak opět samotný škrob, který lze použít třeba na vaření.

Pokus č. 6



Obrázek 10 – Pomůcky pro pokus Nenevtonská tekutina



Obrázek 11 – Nenevtonská tekutina

Průpravný pokus:

Další neneutonskou tekutinou, kterou můžeme zkoumat doma, je tekuté mýdlo nebo čisticí prostředek na nádobí. Pro pozorování odlišného chování oproti vodě nám postačí láhev s úzkým (v řádu milimetrů) trubicovitým otvorem nebo třeba plastová injekční stříkačka. Stisknutím lahve otočené otvorem dolů nebo zmáčknutím stříkačky chceme docílit co nejrychlejšího vypuzení tekutiny. Zajímat nás bude její chování u otvoru. Proud neneutonské tekutiny (saponátu, mýdla) se bude u výstupu z trubice rozšiřovat. U newtonské kapaliny (vody) rozšiřování proudu u výstupu z trubice neprobíhá, je tam stále stejně široký.

Zdroje:

[17], [18], [19], [20]

Odkaz na autorské video:

https://youtu.be/KjJS_fxXTC4

Závody domina

Motivační zamyšlení: Stavění zástupů z domina a jejich následné shození vyzkoušelo mnoho z nás. Jak postavit kostky, aby všechny popadaly co nejrychleji?

Pomůcky:

- Kostky domina (případně jiné bloky, kostky lega...)

Postup:

Sestavíme vedle sebe 2 stejné zástupy z kostek. Z jednoho zástupu pak každou druhou kostku vyjmeme. Spustíme závody a pozorujeme, který zástup popadá rychleji.

Výsledek:

Zástup s více kostkami popadá rychleji.

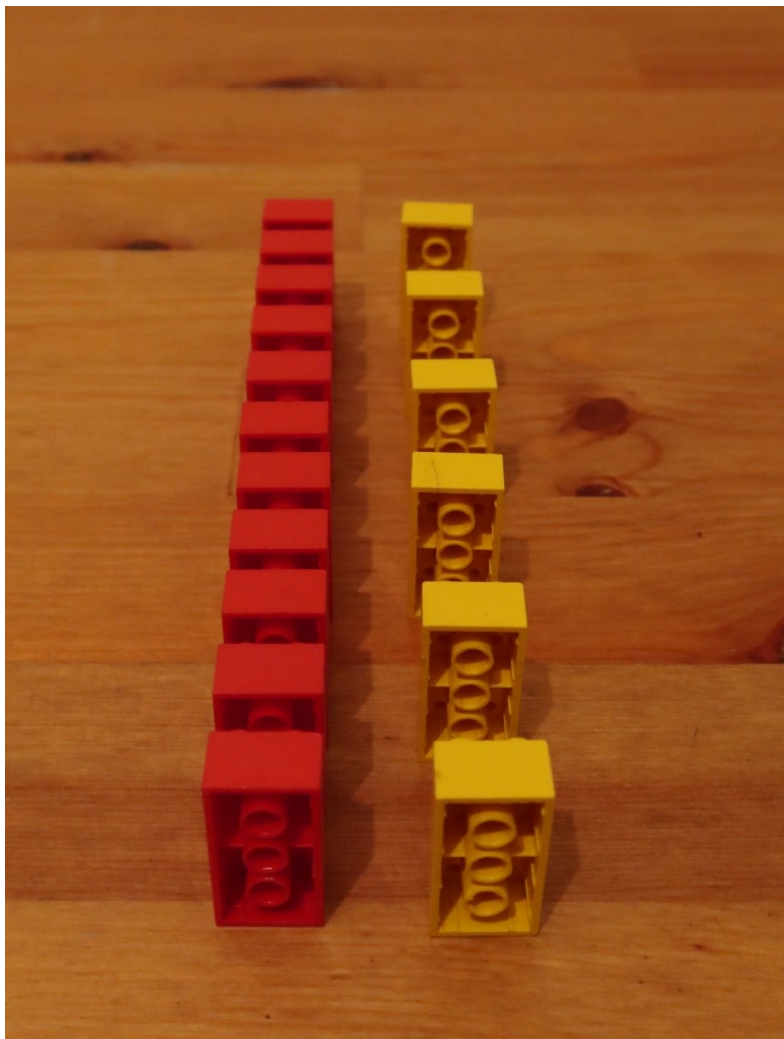
Vysvětlení:

Kostky, které stojí blízko u sebe, nemusí udělat velký pohyb pro to, aby do sebe narazily – jejich čela urazí celkově kratší dráhu. To znamená, že zástup s polovičním počtem kostek je pomalejší, protože každé jednotlivé kostce trvá déle, než se nakloní natolik, aby narazila do další – celková dráha jejich čel je delší.

Metodické poznámky:

Je potřeba upozornit, že závod musí začínat a končit ve stejném místě. Pokud bychom řekli, že jeden zástup má mít o polovinu kostek méně, intuitivně to svádí k sestavení o polovinu kratšího zástupu.

Pokus č. 7



Obrázek 12 – Zástupy kostek lega připravené pro pokus Závody domina

Průpravné zamyšlení:

Představme si, že hrajeme se svými kamarády *na babu*. Pohybovat se můžeme jen v ohraničeném poli. Nejdřív hrajeme se všemi kamarády. Po nějaké době to polovinu z nich přestane bavit, a odejdou. Hra bude pokračovat dál ve stejném poli, ale hráčů bude o polovinu méně. V jakém případě se baba předávala rychleji?

Zdroje:

[21]

Odkaz na autorské video:

<https://youtu.be/Sa3niirapV4>

Průchod papírem

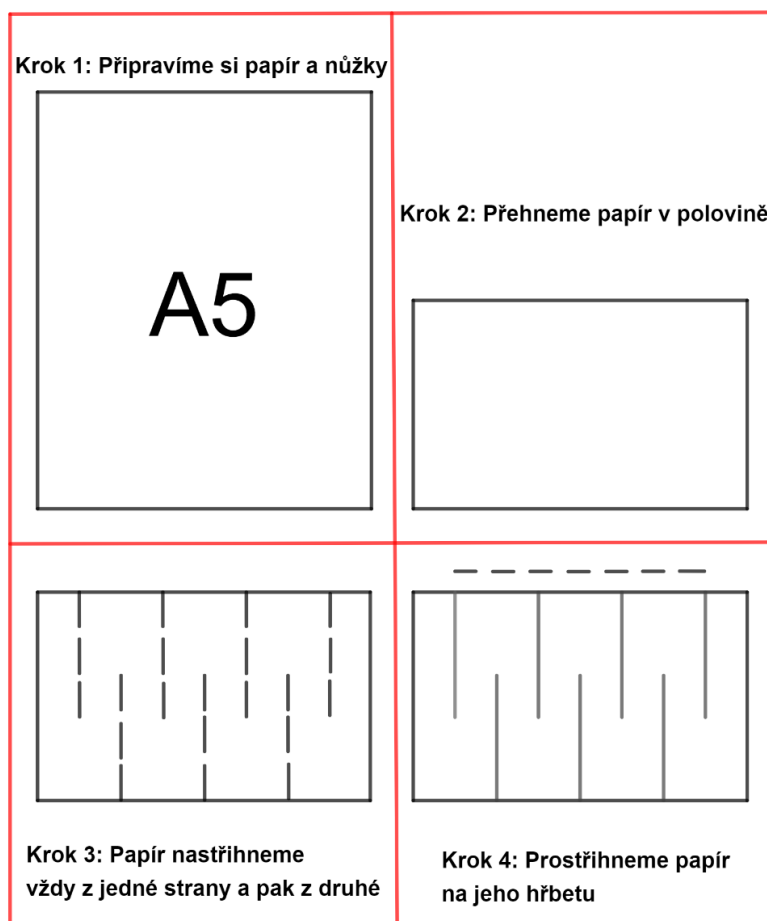
Motivační zamyšlení: Zdánlivě jednoduché úkoly mohou občas pořádně potrápít. Hravá úloha, která předvede obsah obdélníku v různých podobách a zároveň procvičí i motoriku.

Pomůcky:

- Papír velikosti A5
- Nůžky

Postup:

Přeložíme papír v polovině. Nůžkami papír nastříhneme vždy z jedné strany a pak z druhé podle přiloženého obrázku, kde jsou stříhané části reprezentovány přerušovanými čarami. Čím více stříhů na každé straně provedeme, tím větší výsledný otvor bude. Nakonec prostříhneme papír na jeho hřbetu. Dáváme pozor, abychom neporušili kraje. Papír opět rozložíme. Nyní můžeme „papírem“ projít – je v něm otvor dostatečně veliký na to, aby jím člověk prošel.



Obrázek 13 – Návod na prostříhání papíru

Pokus č. 8

Výsledek:

Obsah papíru se nezměnil, pouze jeho tvar.

Metodické poznámky:

Pro mladší děti je vhodné si jednotlivé stříhy naznačit tužkou. Dítě si tak zároveň procvičí práci s pravítkem.

Zdroje:

[22]

Zdroje

- Tání kostek ledu v obyčejné a slané vodě

[1] https://cs.wikipedia.org/wiki/Mo%C5%99sk%C3%A1_voda

[2] <https://clanky.rvp.cz/clanek/o/z/9287/ZAVODY-KOSTEK-LEDU.html/>

[3] <http://fyzweb.cz/clanky/index.php?id=206>

[4] <http://www.vseovode.cz/clanek/namixujte-si-archimeduv-koktejl>

[5] <https://www.alik.cz/a/zabavna-fyzika-podmorska-sopka>

- Lom světla – válcová čočka

[6] <https://docplayer.cz/298023-Poznavame-zaklady-optiky.html>

[7] <http://edu.techmania.cz/cs/veda-v-pozadi/470>

[8] <https://clanky.rvp.cz/clanek/r/L/15803/VALCOVA-VODNI-COCKA.html/>

- Tančící rozinky

[9] <https://www.kch.tul.cz/sites/nano/files/navody/dp-havrdova-pokusy-pro-ms.pdf>

[10] <https://vida.cz/blog/tancici-rozinky>

- Triboluminiscence cukru

[11]

http://www.ueb.cas.cz/cs/system/files/users/public/Jan%20Kol%C3%A1%C5%99_27/prispevky_web/svitici_cukr.pdf

[12] <https://vyfuk.mff.cuni.cz/media/ulohy/r7/s1/reseni1-1.pdf>

[13] <http://edu.techmania.cz/cs/veda-v-pozadi/470>

[14]

https://www.woodcraft.cz/files/infostudna/hau_kola/ostatni/kamenny_ohen/kamenny_ohen.php#prameny

[15] <https://cs.wikipedia.org/wiki/Pyrit>

- Valení plechovky

[16] <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6552/aa62e1>

- Nenevtonská tekutina

[17] <https://vida.cz/blog/nenevtonovska-kapalina>

[18] <http://fyzsem.fjfi.cvut.cz/2015-2016/Zima15/proc/nenevton.pdf>

[19] https://cs.wikipedia.org/wiki/Nenevtonsk%C3%A1_tekutina

[20] <http://fyzsem.fjfi.cvut.cz/2011-2012/Zima11/proc/newtkap.pdf>

- Závody kostek

[21] <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9120/48/5/M04/pdf>

- Průchod papírem

[22] https://clanky.rvp.cz/wp-content/upload/prilohy/2755/kouzelný_tunel.pdf