

VODA

Soubor námětů pro motivační pokusy v přírodovědě

Zdeněk Drozd, Dana Mandíková



Téma 2: Voda

Voda a její vlastnosti

Voda je látka, bez níž by nemohl vzniknout a existovat život na Zemi. Zaslouží si tedy naši pozornost. V následujícím textu uvádíme sadu pokusů, které můžete provádět se svými žáky a pokusit se jim přiblížit pozoruhodné vlastnosti této drahocenné kapaliny.

• Hrajeme si s vodou – úvodní pokus

Pomůcky: skleničky, kuchyňské odměrky, lahve, nebo jiné průhledné nádoby různých tvarů, injekční stříkačky

Provedení: Do skleniček, odměrek a jiných nádob nalijeme vodu a pečlivě ji pozorujeme. Nádoby nakláníme a všímáme si hladiny vody v nich.

Vezmeme dvě skleničky – v jedné je voda, ve druhé ne. Přeléváme vodu z jedné skleničky do druhé a zpět. Všímáme si, jak voda přetéká a zaplňuje druhou skleničku.

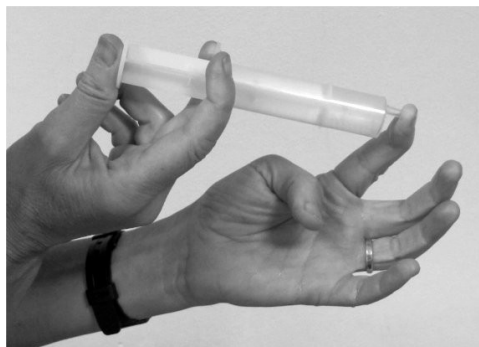
Necháme děti „natáhnout“ vodu do injekční stříkačky a požádáme je, aby palcem ucpaly ústí stříkačky a pokusily se vodu ve stříkačce stlačit. Totéž ať pak zkusí s „prázdnou“ stříkačkou (tedy se stříkačkou, ve které je vzduch).



Otázky pro žáky: Jaký tvar má voda v nádobách? (Má stejný tvar jako nádoba.) Jak se chová hladina vody v nádobách při naklánění? (Je stále vodorovná – nepodaří se nám, aby byla „z kopce“.) Podaří se přelít všechnu vodu z jedné skleničky do druhé a potom zpět?

(Až na pár kapek, které zůstanou ve sklenici, se to podaří. Vypadá to, že voda se na sklenici trochu lepí a proto nechce přetéct úplně všechna.) Daří se Vám stlačit vodu ve stříkačce? Jde to se vzduchem? (Vodu se nedaří stlačit, vzduch ano.)

Otázka „plus“: Můžeme říci, že vodu nelze „ani trochu“ stlačit? (Můžeme říci jenom to, že se nám nedaří stlačit vodu tak, abychom to viděli. Možná ji ale trošičku stlačit lze.)



Vysvětlení pokusu: Pokud je nádoba s vodou v klidu, zemská přitažlivost nutí vodu zaujímat vodorovný povrch (vytvářet vodorovnou hladinu). Můžeme říci, že Země přitahuje vodu v celé nádobě stejně, takže se nemůže stát, aby v ní např. vznikly nějaké prohlubně. Je to i důvod, proč voda vyplňuje celou nádobu pěkně odspodu a kopíruje tvar nádoby (pokud ale není v nádobě vhodně umístěná dutina se vzduchem - vzduch by tam vodu nepustil). Stlačitelnost vody nelze snadno pozorovat. Důvod špatné stlačitelnosti vody lze dětem těžko vysvětlit. Jde v podstatě o to, že voda je výrazně stlačena díky tzv. koheznímu tlaku. Ten existuje díky tenké vrstvičce u hladiny a je zhruba dvacetisíckrát větší než tlak vzduchu u povrchu Země. Abychom vodu viditelně stlačili, museli bychom vyvinout srovnatelně velký tlak, a to se nám nepodaří. Ani kohezní tlak ale nezpůsobuje nějak zvlášť výrazné stlačení vody. Přitom by se totiž musely zmenšit vzdálenosti mezi molekulami a tomu brání odpudivé síly, které se při zmenšování vzdálenosti molekul prudce zvětšují.

Metodická poznámka: Ve škole se často hovoří o tom, že voda je nestlačitelná (totéž se říká o kapalinách obecně). Voda ale stlačitelná je. Správné je tedy říkat, že voda je špatně stlačitelná (nepozorovatelně málo stlačitelná). Tato nepatrná stlačitelnost má vliv na mnoho důležitých vlastností vody, a proto je dobře ji žákům nezatajovat. Při stlačování stříkačky se vzduchem se může zdát, že vzduch lze stlačit jenom částečně, protože píst lze stlačit jenom do určité polohy. To ale neznamená, že by vzduch nebylo možné stlačit více, jenom na to nemáme „dost sil“.

• Kouzelné vajíčko

Pomůcky: dvě zavařovací sklenice, voda, sůl, vajíčko, lžíce

Provedení pokusu: Do zavařovacích sklenic nalijeme čistou vodu. V jedné sklenici vodu necháme tak, jak jsme ji nalili a ve druhé rozpustíme sůl. Uděláme hodně koncentrovaný roztok, ale dbáme na to, aby ve sklenici nezůstaly zbytky nerozpuštěné soli. Vše si připravíme ještě před hodinou. Děti tedy nevědí, že v jedné ze sklenic je osolená voda (na pohled vypadá voda v obou sklenicích stejně).

Do sklenice s neosolenou vodou vložíme pomocí lžíce vajíčko. To se potopí ke dnu. Po chvíli vejce vytáhneme a vložíme do druhé sklenice – tentokrát plave.

Pokus můžeme udělat ještě záhadnějším, když v jedné sklenici budeme mít neosolenou vodu pouze do poloviny její výšky. Vložíme do ní vejce – to zůstane u dna. Nyní vezmeme sklenici s osolenou vodou (koncentrace soli musí být velká) a pomalu ji přiléváme do sklenice s potopeným vejcem. Vejce za chvíli vyplave ke hladině. Můžeme přitom pronášet nějakou kouzelnou formuli. (Budete-li slanou vodu nalévat pozorně, může se vám podařit, že se vejce zvedne pouze kousek nad dno a ve vodě se vznáší. Když vejce opatrně postrčíte špejlí ke dnu, začne kmitat nahoru a dolů. Je to velmi působivé.)



Pokusy v přírodovědě na 1. stupni ZŠ (Voda)

Otázky pro žáky: Proč vejce v jedné sklenici plave a ve druhé se potopí? (Mohou tam být různé kapaliny.)

Jak to, že se vejce vznáší mezi dnem a hladinou? (Dole a nahoře může být různá kapalina.)

Vysvětlení pokusu: Na vejce působí ve vodě dvě síly – Země ho přitahuje směrem dolů a voda jej vytlačuje směrem vzhůru (této síle říkáme vztlaková síla). V neosolené vodě je vztlaková síla, kterou působí voda, menší než síla, kterou vejce přitahuje Země (této síle se správně říká tíhová síla).

Slaná voda má větší hustotu než voda neosolená (viz metodickou poznámku), a proto v ní působí větší vztlaková síla. Při dostatečné koncentraci slaného roztoku je vztlaková síla větší než přitažlivá síla Země, a proto vejce stoupá vzhůru. Zastaví se v poloze, kdy ho kousek „vykukuje“ z vody ven. V této poloze jsou obě síly působící na vejce stejně velké (a míří opačnými směry).

Pokud doléváme slanou vodu do vody obyčejné, klesá slaná voda ke dnu a ve sklenici se směrem ode dna k hladině zmenšuje hustota slané vody (protože se zmenšuje i koncentrace soli ve vodě). Na vejce tedy u dna začne působit větší vztlaková síla vody než je přitažlivá síla Země a vejce stoupá do místa, kde se velikosti obou sil vyrovnají. Když nyní vajíčko zatlačíme špejlí ke dnu, opět začne stoupat, nezastaví se ale hned tam, kde je velikost obou sil stejná, ale tuto polohu trochu přeběhne. Vejce se tak dostává do míst, kde je malá koncentrace soli a kde na něj Země působí větší silou dolů než voda nahoru, začne klesat atd. Vejce tedy chvíli kmitá kolem polohy, ve které na něj působí stejně velká síla dolů, jako nahoru.

Metodická poznámka: Hustotou vody rozumíme to, jakou hmotnost má jednotkový objem vody. (Např. kolik váží 1 cm³ vody, jeden dm³ (což je 1 litr) – nebo 1 m³. U vody je hustota zhruba 1 g/cm³ – čteme „jeden gram na centimetr krychlový“, popřípadě můžeme tuto hustotu vyjádřit jako 1 kg/dm³ (jeden kilogram na decimetr krychlový), nebo 1000 kg/m³ (1000 kilogramů na metr krychlový).

Když mluvíme o průměrné hustotě vajíčka, máme na mysli hodnotu, kterou dostaneme vydělením jeho hmotnosti objemem vajíčka (tedy kolik v průměru váží např. 1 cm³ vajíčka).

• Archimédův zákon

Tento zákon je natolik důležitý, že si ho nejprve zformulujeme a vysvětlíme. Jak jistě víte, Archimédův zákon říká, že na těleso ponořené do kapaliny působí vztlaková síla a zároveň hovoří o tom, jak je tato síla velká. Jak je to konkrétně?

Představte si nějaké těleso ponořené ve vodě, třeba rybu. Zapojte teď svou fantazii a přestavte si, že tato ryba je celá z vody. Takové vodní rybě budeme říkat Archimédova ryba.



Když je ve vodě ponořený kámen, přestavte si ho celý z vody – takovému kameni z vody budeme říkat Archimédův kámen. Zkrátka – představíme si ponořené těleso, jako by bylo z vody a toto vodní těleso nazveme Archimédovým tělesem. Jak to bude, když těleso není celé ponořené, ale pod vodou je jenom jeho část? Co bude Archimédovým tělesem, když např. na hladině vody plave míč? V tomto případě si musíte představit, že z vody je jenom

část míče – ta, která je ponořená. Archimédův míč si ale nepředstavujte dutý, jako je ten skutečný. Musíte si představit „důlek, který by ve vodě zbyl, kdybyste plovoucí míč vytáhli ven a voda by se „nezavřela“. Pokud byste do tohoto důlku nalili vodu tak, abyste ho zaplnili, tato nalitá voda by tvořila Archimédův míč. Kdybychom siloměrem změřili sílu, kterou Archimédův kámen, Archimédovu rybu... zkrátka Archimédovo těleso přitahuje Země, byla by to stejně velká síla, jakou voda nadlehčuje skutečný kámen, rybu (nebo jiné těleso). Na obrázku je znázorněna síla, kterou táhne těleso za siloměr. Této síle říkáme tíha (na obrázku je označena písmenem G). Je jasné, že těleso táhne za siloměr proto, že ho přitahuje Země. Archimédův zákon v našem podání zní:

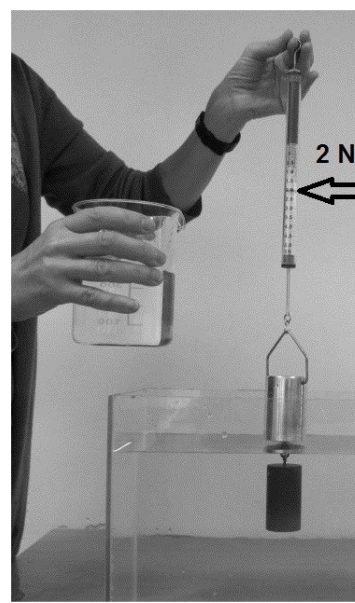
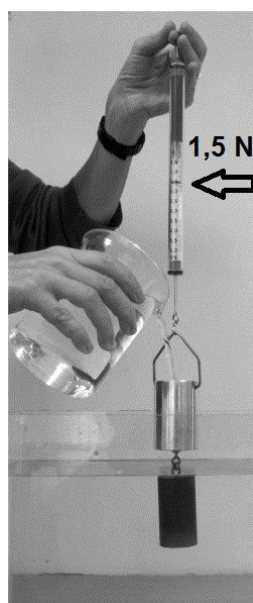
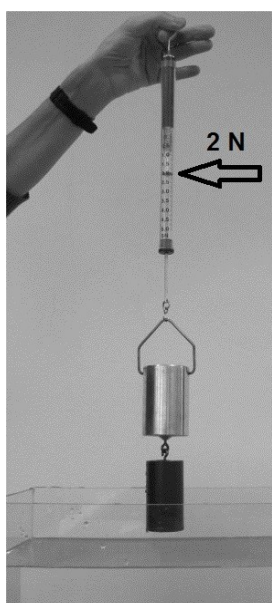


Těleso ponořené do kapaliny je nadlehčováno silou, která je stejně velká jako tíha Archimédova tělesa.

• Ověření Archimédova zákona

Pomůcky: dutý a plný váleček – plný váleček lze těsně zasunout do dutého (viz obrázek), siloměr, průhledná nádoba s vodou, kádinka

Provedení pokusu: Ukážeme, že plný váleček lze těsně zasunout do válečku dutého. Plný váleček poté zavěšíme pod dutý (válečky jsou opatřeny očkem a háčkem) a oba je pověsíme na siloměr. Odečteme hodnotu, kterou siloměr ukazuje, a zapamatujeme si ji. Siloměr se zavěšenými válečky držíme v ruce a přitom ponoříme spodní (plný) váleček do nádoby s vodou. Vidíme, že siloměr nyní ukazuje menší hodnotu. Je zřejmé, že voda ponořený váleček nadlehčuje. Stále držíme siloměr tak, aby byl dolní váleček ponořený, a pomocí kádinky nalijeme vodu do dutého válečku až po jeho okraj. (Nalili jsme tam tedy stejný objem vody, jaký má dolní ponořený váleček.) Siloměr ukáže stejnou hodnotu jako na počátku.



Otázky pro žáky: Pokud se budete s dětmi zabývat působením vody na tělesa, která jsou v ní ponořena, můžete se jich ptát na zkušenosti se zvedáním kamenů ve vodě apod. Můžete mluvit o tom, že voda nadnáší lodě, ryby, plavce, kačeny atd.

Vysvětlení pokusu: Voda, kterou jsme nalili do dutého válečku, má stejný objem jako váleček, který jsme ponořili do vody. Můžeme ji tedy považovat za Archimédův váleček a ten je k Zemi přitahován stejnou silou, jakou jej nadlehčuje okolní voda.

Metodická poznámka: Síle, která přitahuje těleso k Zemi, se v našem případě říká tíhová síla a síle, kterou těleso nadlehčuje voda, vztlková síla. Dětem ale tyto termíny neříkejte. Používejte raději přirozené termíny „síla, kterou těleso přitahuje Země“ a „síla, kterou voda nadnáší těleso“. Podobně říkejte „síla, kterou těleso táhne za siloměr“ místo fyzikálně přesného termínu tíha.

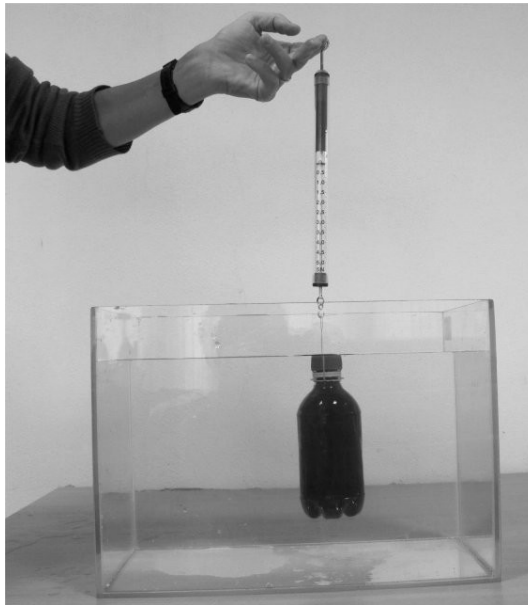
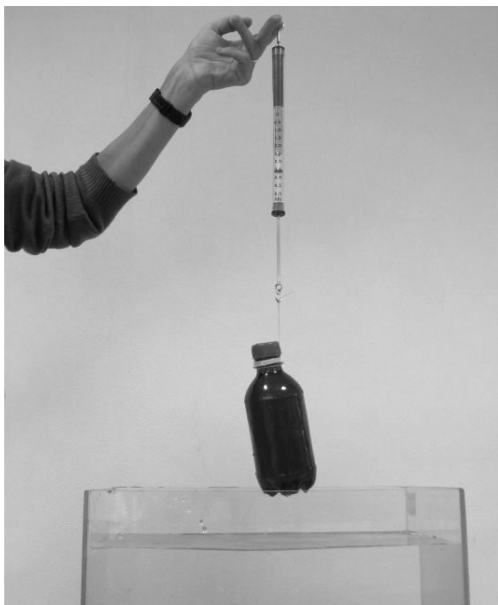
Archimédův zákon „funguje“ nejenom ve vodě, ale i v každé jiné kapalině a také v plynech (i vzduch nás nadnáší, i když malou silou).

Archimédův zákon budou děti probírat ve fyzice na druhém stupni ZŠ. To, že kapaliny a plyny nadlehčují tělesa, dětem nezatajujte, ale nesnažte se jim vysvětlovat Archimédův zákon (můžete jim ale říct, že takový zákon existuje a že popisuje, jak tekutiny nadlehčují tělesa). V tomto textu uvádíme podrobnější rozbor Archimédova zákona pro vás – pro vyučující, abyste měli určitý nadhled nad touto problematikou.

• Realizace Archimédova tělesa

Pomůcky: malá průhledná tenkostěnná plastová lahev, provázek, potravinářská barva, akvárium s vodou, siloměr

Provedení pokusu: Plastovou lahev zcela naplníme obarvenou vodou, uzavřeme ji víčkem a přivážeme k ní provázek (viz obrázek). Lahev zavěšíme na siloměr – vidíme, jakou silou táhne lahev za provázek (změřili jsme tíhu lahve). Nyní lahev zavěšenou na siloměru ponoříme do vody v akváriu. Siloměr ukazuje nulu – lahev se volně vznáší ve vodě.



Otázky pro žáky: Jakou sílu měří siloměr, když je lahev nad vodou? (Sílu, kterou přitahuje lahev Země.) Proč siloměr ukazuje nulu, když je lahev ponořená? (Protože ji voda nadnáší.)

Vysvětlení pokusu: Voda v lahvi má v podstatě stejný objem jako lahev sama. (Tenká plastová stěna má vůči objemu lahve zanedbatelný objem.) Voda v lahvi je tedy v podstatě Archimédovou lahví. Víme, že síla, kterou voda nadlehčuje lahev, je stejná, jako síla, kterou Země přitahuje Archimédovu lahev (je tedy stejně velká jako tíha lahve). Když je síla, kterou přitahuje Země lahev (směrem dolů), stejná, jako síla kterou voda nadlehčuje lahev (tato síla působí směrem nahoru), přetahují se o lahev dvě stejně velké síly. Výsledná síla, která působí na lahev, je nulová a není důvod k tomu, aby lahev táhla za provázek a provázek za siloměr.

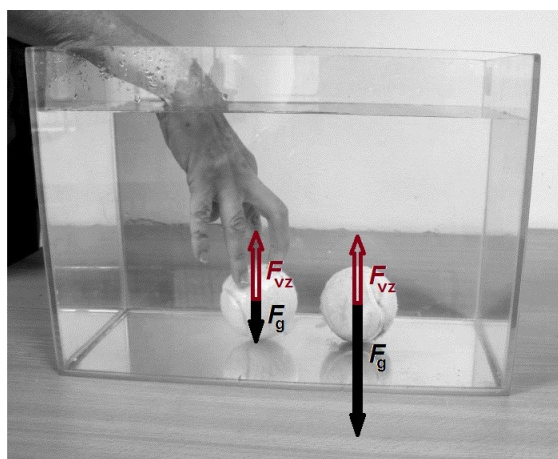
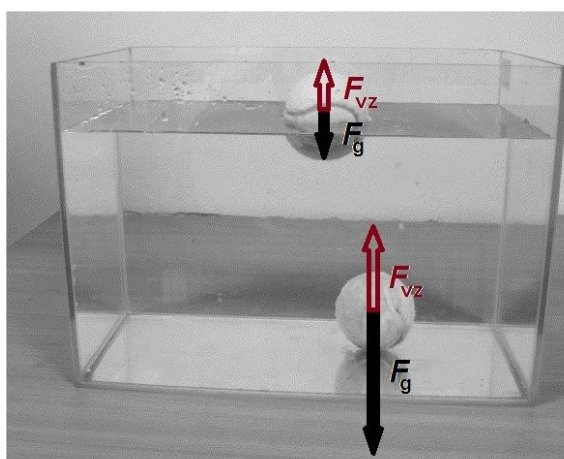
Metodická poznámka: Kdybychom vodu v lahvi neobarvili, byla by „iluze“ Archimédova tělesa lepší. Obarvená voda je ale lépe vidět – upozorníte děti na to, že obarvená voda v lahvi má téměř stejnou hmotnost, jako kdyby v ní byla voda neobarvená, a Země ji tedy přitahuje stejně. (Obarvená voda má v podstatě stejnou hustotu jako neobarvená. Uvědomte si, že na její obarvení stačí malé množství barviva, které většinou nemá hmotnost ani jeden gram. Rozpuštění „špetky“ barviva ve čtvrt, nebo půl litru vody změní hustotu vody jen nepozorovatelně málo.)

• Tenisové míčky pod vodou

Pomůcky: dva tenisové míčky – jeden obyčejný, druhý naplněný kovovými pilinami (kuličkami, kamínky, pískem apod.), kbelík, nebo jiná dostatečně velká nádoba (nejlépe z průhledného plastu), voda

Tenisový míček naplníme kovovými pilinami, kuličkami, nebo jinou vhodnou zátěží tak, že jej nařízeme ostrým nožem, vzniklým otvorem nasypeme dovnitř náplň a řez slepíme vhodným lepidlem (Chemoprenem, popř. lepidlem na gumu, boty apod.).

Provedení pokusu: Kbelík naplníme vodou a dáme do něj oba tenisové míčky. Jeden plave, druhý se ponoří. Míček, který plave, ponoříme rukou na dno a přidržíme ho tam. Po chvíli tenisák pustíme.



Otázky pro žáky: Který míček je nadlehčován větší silou, když jsou oba zcela ponořené u dna? Který je nadlehčován větší silou v okamžiku, kdy lehčí míček pustíme, a začne stoupat k hladině? (V obou případech jsou míčky nadlehčovány stejnou silou – ponořený objem je totiž stejný a i jejich Archimédova tělesa jsou tedy stejná.)

Který tenisák je nadlehčován větší silou, když je těžší z nich zcela ponořen na dně kbelíku a druhý plave na hladině? (Větší silou je nadlehčován míček u dna – objem ponořeného míčku je totiž větší než objem ponořené části plovoucího tenisáku. Archimédovo těleso zcela ponořeného míčku je větší než Archimédovo těleso plovoucího míčku.)

Vysvětlení pokusu: Vztlková síla působící na těleso ve vodě je úměrná objemu ponořené části tělesa. V případě, kdy jsou oba míčky u dna (jeden tam přidržujeme), jsou objemy ponořených částí stejné a tedy i vztlkové síly jsou stejné. Země ale přitahuje těžší tenisák větší silou, než ho nadlehčuje voda a proto zůstává u dna, zatímco vztlková síla působící na lehčí tenisák je větší než síla, kterou ho přitahuje Země (tíhová síla), a proto tento míček stoupá k hladině.

Poznámka: Na fotografiích jsou nakresleny jen síly, kterými na tenisáky působí voda a Země. Nejsou zde zakresleny síly, kterými na ně působí dno nádoby a ruka.

Metodické poznámky: Na prvním stupni ZŠ volte pro pojmenování sil působících na míčky pouze „volné“ intuitivní názvy. Např. „síla, kterou Země přitahuje tenisák“, nebo „zemská přitažlivost“ (fyzikálně správně je to „tíhová síla“), „síla, kterou voda zvedá míček“, „vodní síla“ apod. (správně by mělo být „vztlková síla“). Správnou terminologii budou žáci probírat až mnohem později ve fyzice. Vy ji ale znát můžete.

• Karteziánek

Pomůcky: PET láhev, fix (úprava viz níže), kapátko, zkumavka apod., diabolky, matičky, broky, nebo jiná zátěž, kleště

Provedení pokusu: Karteziánek je fyzikální hračka, kterou údajně vymyslel René Descartes (latinsky si říkal Cartesius). Vyrobit si ji můžete různými způsoby. Karteziánek, který vidíte na obrázku, je zhotoven z fixu.

Fix je nejprve nutné nahoře otevřít. U některých typů je možné odšroubovat horní víčko, u některých je možné jej „vytrhnout“ pomocí kleští, jsou ale i takové fixy, které rozebrat nejdou – ty jsou pro nás nepoužitelné.

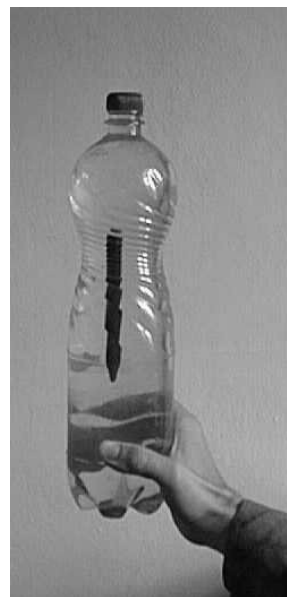
Fix rozebereme, vyndáme z něj váleček s barvou a pomocí kleští vytáhneme psací hrot. Do těla fixu vložíme několik diablek, nebo jinou vhodnou zátěž. Fix nahoře opět uzavřeme prve vytaženým uzávěrem.

PET lahev naplníme vodou a vsuneme do ní fix (karteziánka) otvorem po psacím hrotu dolů. Karteziánek musí zůstat plavat tak, aby vyčníval několik mm nad hladinu (předem vyzkoušíme, např. v hrnku). Pokud se ponoří, nebo vyčnívá z vody příliš moc, upravíme množství zátěže. Doplníme vodu až po okraj lahve a našroubujeme víčko (pozor, aby tam nezůstala bublina vzduchu).

Stiskneme lahev – karteziánek se ponoří, povolíme stisk – karteziánek „vypluje“ k víčku lahve. Při správném stisku se karteziánek vznáší mezi dnem a víčkem.

Karteziánek se dá vyrobit i jinak. Místo fixu můžeme např. použít kapátko. Ponoříme ho do PET lahve dírkou dolů, popřípadě do něj „natáhneme“ trochu vody. Lahev uzavřeme víčkem a postupujeme výše popsáním postupem.

Jinou možností je použít úzkou zkumavku, do které nabereme trochu vody a zasuneme ji do lahve s vodou dnem vzhůru.



Otázky pro žáky: Neprozradíte dětem, že lahev mačkáte, ale tvařte se, že čarujete. V jedné ruce držte lahev a druhou rukou ukazujte karteziánkovi, kam se má pohybovat. Nechte děti hádat, jak to děláte.

Vysvětlení pokusu: Uvnitř karteziánka je vzduch, který nemůže uniknout ven. Pokud bychom vydělili hmotnost karteziánka jeho objemem, zjistili bychom, že na 1 cm³ objemu karteziánka připadá hmotnost menší než 1 gram. U vody připadá na 1 cm³ téměř 1 g. (To znamená, že průměrná hustota karteziánka je menší než hustota vody.) Voda tedy karteziánka nadnáší větší silou, než ho přitahuje Země a proto „vyplave“ až k zátce, která jej drží v horní poloze. Když zmáčkne lahev, zvětšíme v ní tlak a do karteziánka vnikne trochu vody navíc (a dojde ke stlačení vzduchu uvnitř). Hmotnost karteziánka i jeho průměrná hustota tedy vzroste a při dostatečném stisku lahve se průměrná hustota karteziánka zvětší nad hodnotu hustoty vody. Důsledkem toho se karteziánek ponoří až ke dnu lahve. Pokud mačkáme tak, aby se průměrná hustota karteziánka právě rovnala hustotě vody, je síla, kterou ho voda nadnáší, stejně velká jako síla, kterou ho přitahuje Země a karteziánek se v lahvi vznáší. Povolíme-li stisk, zmenší se tlak ve vodě a stlačený vzduch vymáčkne přebytečnou vodu z karteziánka. Důsledkem je jeho opětovné vystoupení k hrdlu lahve.

Pokud místo fixu použijeme zkumavku obrácenou dnem vzhůru, nebo kapátko, můžeme si všimnout, jak dovnitř při stisknutí lahve proniká voda a stlačuje vzduch uvnitř. Při povolení stisku je naopak vidět, jak rozpínající se vzduch vytlačuje přebytečnou vodu ze zkumavky.

Při použití kapátka dochází navíc při stisknutí lahve ke zmáčknutí gumové části kapátka, což zmenšuje jeho objem a dochází tedy ke zvětšení jeho průměrné hustoty. Navíc do něj vniká voda a tím se průměrná hustota také zvýší.

Metodické poznámky: Karteziánek umožňuje demonstrovat hned několik fyzikálních jevů – zvyšování tlaku v celém objemu lahve po jejím stisknutí (Pascalův zákon), „souboj“ vztlakové a tíhové síly působící na karteziánka – tedy to, že bez stisku je vztlaková síla větší než síla tíhová, při stisku je tomu naopak, nebo se nám podaří obě síly uvést do rovnováhy. Karteziánek nám tedy může posloužit i pro demonstraci Archimédova zákona.

• Plovoucí plastelína

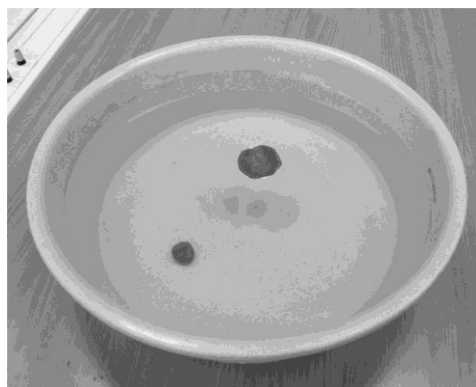
Pomůcky: nádoba s vodou, plastelína (taková, která „sama do sebe“ neplave)

Provedení pokusu: Dětem rozdáme kousky plastelíny a necháme je vyzkoušet, jestli plastelína plave ve vodě. Poté co zjistí, že ne, jim dáme úkol, aby plastelínu naučily plavat. Aby plastelína plavala, je třeba ji upravit do tvaru lodičky (mističky).

Otázky pro žáky: Co je Archimédovým tělesem plastelínové kuličky a plastelínové lodičky?

Přitahuje Země plastelínu více, když je mimo vodu, nebo když je ponořená ve vodě? (V obou případech ji přitahuje stejně.)

Vysvětlení pokusu: Lodička (mistička) z plastelíny má větší Archimédovo těleso než tentýž kousek plastelíny zmačkaný do hrudky (kuličky) – objem ponořené části je větší. Když je Archimédovo těleso dostatečně velké, je vztlaková síla stejná jako tíha lodičky a ta plave na hladině. Můžeme také říci, že průměrná hustota plovoucí lodičky je menší než hustota vody.



Průměrnou hustotou myslíme hmotnost lodičky vydělenou objemem celé lodičky (včetně vzduchu uvnitř). Připomeňme si, že hustota vody je 1 g/cm^3 – to znamená, že 1 cm^3 vody má hmotnost 1 gram.

Metodická poznámka: Hustotu vody můžeme udávat v různých jednotkách - volíme ten údaj, který je v daném případě nejpraktičtější. Při malých objemech bývá vhodným údajem 1 g/cm^3 (gram na centimetr krychlový), při objemech několika litrů bývá praktické pracovat s hodnotou 1 kg/dm^3 (kilogram na decimetr krychlový) – je to totéž co 1 kg/l (kilogram na litr). Při velkých objemech – voda v přehradě apod. – se hodí údaj 1000 kg/m^3 (tisíc kilogramů na metr krychlový). Nezapomínejte ale na to, že ať použijete kteroukoli jednotku, jde vždy o tutéž hustotu.

• Co pravděpodobně Archimédes řešil a co ne

Archimédes je považován za praotce fyziky. Řešil různé problémy z mechaniky, konstruoval jednoduché stroje a při nejrůznějších příležitostech zastával funkci jakéhosi poradce syrakuského krále.

Archimédův zákon, který popisuje sílu nadlehčující tělesa v tekutinách, ale pravděpodobně nevymyslel. Údajně řešil tento problém:

Syrakuský král si nechal vyrobit korunu z ryzího zlata. Pojal podezření, že zlatník, který korunu vyráběl, do ní přidal měď. (Ze slitiny zlata a mědi jsou zlaté šperky, kterými se zdobíte.) Pověřil tedy Archiméda tím, aby zjistil, z čeho je vlastně jeho koruna vyrobená. Archimédes nad problémem přemýšlel, kudy chodil. Věděl, jak zjistit, zda je koruna z ryzího zlata – zváží hroudu zlata o stejném objemu, jaký má koruna a obě hmotnosti porovná. Jak ale zjistit objem koruny?

Jednoho dne zašel do městských lázní, vlezl do vany a... Všiml si, že hladina vody ve vaně stoupá, jak se do ní noří. To je ono, pomyslel si. Ponořím korunu do vody v nějaké nádobě, zjistím, jak stoupla hladina, a z toho vypočítám, jaký má koruna objem. Hmotnost koruny vydělím jejím objemem a výsledek porovná s tím, co vyjde, když zvážím zlatou cihlu a hmotnost vydělím objemem cihly.

Archimédes vyskočil z vany, nezdržoval se nějakým utíráním a oblékáním – běžel ulicemi Syrakus a volal: „Heuréka!“ (Tedy: „Přišel jsem na to!“ „Udělal jsem objev!“)

To, co tedy Archimédes objevil, byla hustota a způsob jejího měření. Jestli přemýšlel také o vztahové síle a o tom, jak ji určit, to nevíme. Není to příliš pravděpodobné.

Mimochodem - zlatník skutečně použil slitinu zlata a mědi. Nebylo to ale proto, aby krále okradl. Zlato samo o sobě je měkké a koruna by příliš „nedržela tvar“. Slitina zlata a mědi je naopak dostatečně tvrdá a vypadá stejně dobře, jako zlato samotné. Je ale možné, že zlatník zapomněl zbýlé zlato králi vrátit...

• Je dukát ze zlata?

Vyzkoušejte s dětmi totéž, co řešil Archimédes s královskou korunou. Jenom místo koruny použijte nějaký jiný vhodný, zlatu podobný, předmět.

Pomůcky: mosazná, nebo měděná medaile (dukát), kádinka, nebo jiná vhodná nádoba s vodou, kuchyňská odměrka, injekční stříkačka, váha

Provedení pokusu: Řekněte dětem, že jste našli medaili (dukát) a nevíte, jestli je ze zlata, nebo z něčeho jiného. Medaili jim ukažte a řekněte, že víte, že zlatá kostička, která má hranu 1 cm, má hmotnost téměř 20 g (přesněji 19,3 g).

Nechte děti vymýšlet, jak by se dalo odhalit, zda je váš dukát ze zlata. Společnými silami nakonec dojděte k závěru, že musíte změřit objem dukátu. Do kádinky nalijte vodu a označte výšku, do níž dosahuje hladina. Vhod'te do vody dukát a označte, jak se změnila výška hladiny. Dukát vyndejte a dolijte vodu do výšky, kam dosahovala hladina při ponoření dukátu. Injekční stříkačkou odsajte vodu až ke značce, která označuje původní výšku hladiny. Změřte objem vody ve stříkačce. K tomu můžete použít buď přímo stupnici na stříkačce, nebo vhodnou odměrku. Zvažte dukát a jeho hmotnost (v gramech) vydělte prve změřeným objemem (stupnice bude nejspíše v mililitrech, což je totéž jako cm^3). Výsledek (hustotu materiálu, z něhož je dukát vyroben) porovnejte s hustotou zlata. Velmi pravděpodobně vám vyjde mnohem méně, než by odpovídalo zlatu.

Otázky pro žáky: Můžete volit různé návodné otázky. Např.:

Jak změříme objem dukátu?

Jak zjistíme, kolik váží jedna kostička se stranou dlouhou 1 cm, v případě kovu, z něhož je dukát vyrobený, když víme, kolik váží celý dukát a kolik takových kostiček obsahuje?

Vysvětlení pokusu: Dukát ve vodě zabírá určitý objem. Voda mu musí „udělat místo“, a proto její hladina stoupne. Při pečlivém označení výšky hladiny před a po vnoření dukátu jsme schopni přibližně určit objem vytlačené vody a tím i objem dukátu.

Metodické poznámky: Použijte co největší medaili, nebo jiný předmět. Měření objemu popsanou metodou není u malých předmětů příliš přesné.

Pro měření objemu dukátu si můžete vypůjčit odměrný válec s pokud možno jemnou stupnicí (ale dostatečně široký, aby se do něj dukát vešel). Takový odměrný válec by mohli mít v kabinetu chemie, nebo fyziky.

Netrapte děti jednotkami objemu, které neznají. Když zjistíte např., že objem dukátu je 3 ml, řekněte, že je to jako 3 kostičky o straně 1 cm.

Podstatné je, aby děti pochopily princip měření objemu a přepočít na hmotnost jednotkového objemu.

• Piráti a zlato

Pomůcky: plastová lodička (hračka do vany), mosazný válec, lavor s vodou, lihový fix

Provedení pokusu: Do lavoru napust'te vodu a do ní dejte lodičku s mosazným válcem. Dětem přitom vyprávějte příběh o pirátech, kteří uloupili pytel zlata a vezou si ho v loďce přes jezero. Během plavby se piráti pohádají, komu z nich bude zlato patřit a jeden z nich pytel vyhodí z loďky do jezera. Položte otázku, jestli se po vyhození zlata z lodi změnila výška hladiny jezera.

Poté, co děti řekly své odhady, označte fixem výšku hladiny v lavoru a mosazný válec přesuňte z loďky na dno lavoru. Podívejte se, jak se změnila poloha hladiny vůči její původní výšce – hladina vody klesla.

Otázky pro žáky: Co se stane, když položíme „zlato“ do plovoucí loďky? (Loďka se zanoří hlouběji do vody a hladina v lavoru stoupne.)

Co se stane, když vyndáme „zlato“ z loďky? (Loďka se trochu vynoří a hladina klesne.)

Co udělá hladina v lavoru, když do ní ponoříme mosazný válec – zlato pirátů? (Hladina trochu stoupne.)

Co se stane, když přesuneme „zlato“ z loďky do vody? (Loďka se trochu vynoří a hladina v lavoru klesne.)

Vysvětlení pokusu: Po zatížení loďky mosazným válcem je loď s tímto nákladem přitahována k Zemi větší silou (vzrostla celková hmotnost loďky a tedy i její tíha – síla, kterou loď tlačí do vody pod sebou). Aby mohla loď dále plavat, musí se zvětšit síla, kterou na ni zdola nahoru působí voda (vztlaková síla). Vztlaková síla se musí zvětšit o stejnou hodnotu, o kterou stoupla tíha loďky po naložení válce. Ponořená část lodi se tedy musí zvětšit o takový objem, jako je objem vody stejné hmotnosti, kterou má válec. Protože hustota mosazi je asi $8,5 \text{ g/cm}^3$ (jeden krychlový centimetr mosazi má hmotnost 8,5 gramů, zatímco 1 cm^3 vody má hmotnost pouze 1 gram) musí loďka při naložení válce vytlačit 8,5 krát větší objem vody, než je objem válce. Hladina v latoru díky tomu stoupne. Když nyní válec přesuneme do vody, loď se opět vynoří. Válec ponořený do vody vytlačí pouze takový objem vody, jaký má sám (předpokládáme, že válec je celý pod vodou). Díky válci tedy hladina stoupne o jeden dílek, zatímco vynoření loďky způsobilo pokles hladiny o 8,5 dílku. Ve výsledku tedy hladina vody v latoru klesne.



Metodické poznámky: Nemusíte používat loďku a mosazný válec. Stejně dobře poslouží nějaká plastová miska a jakýkoli kovový předmět. Je nutné, aby hustota našeho „zlata“ byla podstatně větší než hustota vody. Můžete např. použít závaží od starých kuchyňských vah (bude nejspíše z nějaké slitiny železa), kus olova apod. Pouze když bude hustota „zlata“ dostatečně velká bude pokles hladiny dobře pozorovatelný. Důležité je také to, aby „zlato“ mělo dostatečně velký objem (loďka ho ale musí unést).

Tlak v kapalinách

V následujících pokusech budeme zkoumat tlak v kapalinách a seznámíme se s některými zajímavostmi okolo tlaku.

• Jak tlačí voda v různých hloubkách?

Pomůcky: dvě různě dlouhá brčka, průhledná nádoba s vodou - může to být např. zavařovací sklenice, karafa na vodu, nebo nádoba podobná té na obrázku, kterou byste si mohli vypůjčit v kabinetu fyziky, nebo chemie

Provedení pokusu: Do vyšší nádoby nalijeme vodu, ponoříme do ní dvě různě dlouhá brčka a současně do nich foukáme. Pozorujeme, ze kterého brčka unikají bublinky vzduchu. Všimneme si, že je to vždy kratší z obou brček.

Otázky pro děti: Tlačí voda více na spodní část delšího, nebo kratšího brčka? (Na spodek delšího brčka, tedy toho, které je více zanořeno.)

Proč utíkají bublinky jenom z jednoho brčka, když foukáme do obou? (Do obou brček foukáme stejně, vzduch se nejprve přetlačuje s vodou v obou brčkách a stlačuje ji dolů. Když se dostane na konec kratšího brčka, vybublává ven. V delším brčku už potom vzduch nedokáže posunout vodu do větší hloubky.)

Vysvětlení pokusu: S hloubkou roste tlak vody. Tomuto tlaku říkáme hydrostatický tlak - tedy tlak ve vodě (hydro) která je v klidu (statický). Když foukáme současně do dvou brček, foukáme do nich stejně (jednou pusou nemůžeme současně foukat slabě a silně – to by měl vzduch v ústech podivné vlastnosti, rozmyslete si jaké). Když začneme foukat, zvyšujeme tlak v brčkách a hladina v nich klesá dolů. V okamžiku, kdy voda klesne k dolnímu okraji kratšího brčka, začne z něj unikat vzduch – vidíme, jak z něj vychází bublinky. Od tohoto okamžiku se už ale tlak vzduchu v brčkách nebude zvětšovat. Začneme-li foukat prudčeji, zvýšíme jenom průtok vzduchu kratším brčkem a bude unikat více bublinek. Voda v delším brčku zůstane na úrovni spodního okraje kratšího brčka.

Metodická poznámka: Dbejte na to, aby rozdíl délek brček byl dostatečně velký. Při malém rozdílu délek se totiž může podařit vyfouknout bubliny i z delšího brčka – obzvláště při prudkém foukání. (Fyzika okolo proudění vzduchu v trubicích velkými rychlostmi je komplikovaná.)

• Jak tlačí různé kapaliny ve stejné hloubce?

Pomůcky: dvě průhledné nádoby, voda, olej (jakýkoli kuchyňský), dvě stejně dlouhá brčka

Provedení pokusu: Do zavařovacích sklenic nalijeme vodu a olej tak, aby hladiny byly ve stejné výšce. Do každé sklenice zanoříme jedno brčko – snažíme se, aby brčka zasahovala do stejné hloubky, a současně do nich foukáme. Všimáme si, ze kterého brčka unikají bublinky vzduchu.

Otázky pro žáky: Odkud se berou bublinky unikající z brčka a co jsou vlastně zač? (Je to vzduch, který foukáme do brčka.)

Proč utíkají bublinky jenom z jednoho brčka? (Bublinky unikají z toho brčka, na něž kapalina zdola méně tlačí.)

Vysvětlení pokusu: Tlak v kapalině nezávisí jenom na hloubce, ale také na hustotě kapaliny (tedy na tom, jakou hmotnost má jednotkový objem kapaliny). Olej má menší hustotu, a proto je ve stejné hloubce v oleji menší tlak než v odpovídající hloubce ve vodě.

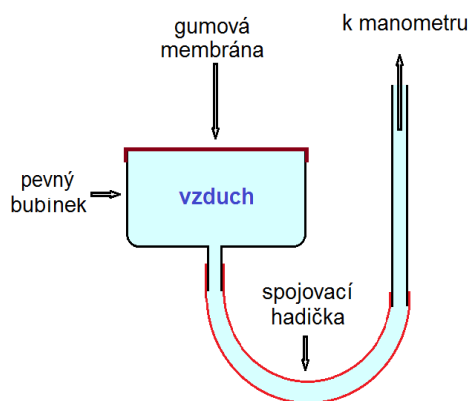
Metodické poznámky: Olej a voda se k pokusu hodí proto, že mají dostatečně rozdílné hustoty a jsou snadno dostupné. Můžete vyzkoušet i jiné kapaliny, u nich ale dbejte na to, aby byly zdravotně nezávadné. Nebylo by např. vhodné používat benzín, líh, petrolej apod. I když tyto kapaliny mají také dostatečně odlišnou hustotu, není vhodné je vdechovat a hrozila by i jiná nebezpečí (např. benzínové výpary je snadné zapálit a hrozilo by tedy nebezpečí požáru).



- **Zkoumání tlaku ve vodě pomocí jednoduchého měřicího přístroje**

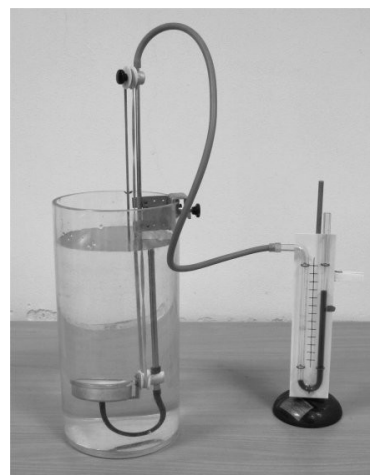
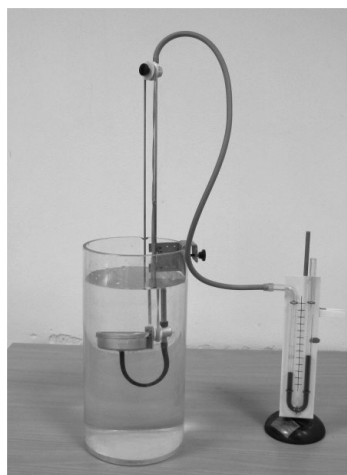
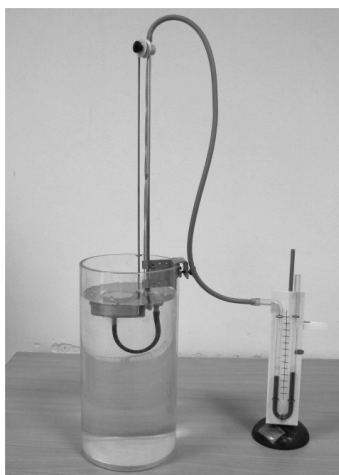
Pomůcky: přístroj na měření hydrostatického tlaku, který si můžete vypůjčit v kabinetu fyziky (říká se mu Hartlův přístroj), kapalinový manometr

Provedení pokusu: Hartlův přístroj se skládá z měřicího bubínku, na němž je napnutá gumová blána (membrána). Bubínek je pomocí trubičky a hadičky spojen s kapalinovým manometrem (měřičem tlaku). Schéma Hartlova přístroje je načrtnuto vedle. Bubínek s membránou je navíc připevněn na otočném kloubu, takže je možné membránu natáčet do různých poloh (ve schématu vpravo tento kloub není nakreslen). Voda, která tlačí do tohoto „měřicího systému“, prohýbá membránu směrem do bubínku. Bubínek sám se pozorovatelně nedeformuje – je dostatečně pevný. Prohnutá membrána stlačuje vzduch v bubínku a připojené hadičce a trubičce a tento stlačený vzduch odtlačuje kapalinu v manometru. Pomocí rozdílu výšek hladin v ramenech manometru určujeme hydrostatický tlak vody u membrány.



Samotný pokus probíhá tak, že zasouváme Hartlův přístroj do různých hloubek a měříme tlak v dané hloubce. Ukazuje se, že hydrostatický tlak roste s hloubkou. Jednoduše řečeno – čím větší hloubka, tím více voda tlačí. Pokud natáčíme bubínek do různých směrů ve stále hloubce, pozorujeme, že tlak se nemění. Voda tedy tlačí v příslušné hloubce ze všech stran stejně. **Tento poznatek je velice důležitý.**

Průběh pokusu, při kterém noříme Hartlův přístroj do různých hloubek, je vidět na třech fotografiích. Všimněte si, že kapalina v ramenech manometru (v trubici ve tvaru písmene „U“, která je k Hartlovu přístroji připojena) mění svou polohu podle toho, jak hluboko je zanořen bubínek s membránou. Když si fotografie prohlédnete, bude vám jistě výsledek pokusu jasný.



Metodická poznámka: Možná vás napadla otázka, jaký je rozdíl mezi silou a tlakem. V předchozím textu jsme psali o tom, že voda tlačí a že je v ní hydrostatický tlak. Abychom mohli tlačení kapalin (nebo tlačení vzduchu, tlačení židle do podlahy apod.) vzájemně porovnávat používáme k tomu veličinu tlak. A co to ten tlak je? Je to síla, kterou voda

(vzduch, noha od židle,...) působí na plochu dohodnuté velikosti. Důležité přitom je, že síla působí na tuto plochu kolmo.

A jak velká je ta dohodnutá plocha? V průběhu času a v různých místech na Zemi to byl např. čtvereček o straně dlouhé 1 mm, 1 cm, 1 palec, 1 metr. Dnes je takovou dohodnutou (a dokonce uzákoněnou) velikostí plochy čtvereční metr – tedy čtverec o straně dlouhé jeden metr. Síla se také v průběhu času a v různých zemích měřila ve všelijakých jednotkách. Dnes se používá jednotka newton (značí se písmenem N). Chcete mít konkrétní představu o tom, co je to síla 1 N? Položte si na dlaň stogramové závaží, nebo 10 deka salámu. Do vaší dlaně bude tláčit síla přibližně 1 newton. (Přesněji byste museli vzít 9,81 dekagramů salámu, ale rozdíl byste na dlani asi nepoznali.)

No a jaká je tedy jednotka tlaku? Je to pascal (názvy jednotek se píše s malým počátečním písmenem). Jednotka byla pojmenována podle významného učenice Blaise Pascala, značí se Pa (tentokrát s velkým „P“). Tlak 1 Pa vznikne, když na plochu jednoho čtverečního metru kolmo působí síla 1 newton. Je to tlak malý. Z deseti deka salámu byste museli udělat placku o ploše čtverečního metru a položit ji na podlahu. Salámová placka by pod sebou vytvořila tlak 1 Pa. Jenomže tlak vzduchu je 100 tisíc pascalů, takže podlaha by stěží poznala, že tlak vzrostl o jeden pascal...

Fyzikové si občas hrají se slovy (na fyziku samotnou to velký vliv nemá). Tak abyste např. věděli: nemělo by se říkat, že tlak působí. Slovo „působí“ se používá pro sílu. Takže v hloubce 1 metr pod hladinou rybníka je hydrostatický tlak 10 000 Pa a **působí** tam síla 10 000 N na čtvereční metr dna. Je to terminologická drobnost, ale proč vám ji tajit? Učitelé fyziky na druhém stupni jistě ocení, když budete používat správná slova na správném místě. Fyzika ale není o slovech...

Tyto poznámky o tlaku, síle, jednotkách apod. píšeme pro vás, pro vyučující. Dětem na prvním stupni se je nesnažte “vnucovat”. Budou se to učit později ve fyzice. Vám si ale dovolueme tyto věci připomenout.

• Hydrostatický paradox

Tento pokus uvádíme jako zajímavost pro vás, vyučující. Jeho výsledky jsou pro většinu lidí překvapivé – pro vás by ale překvapivé být neměly a měli byste pokusu rozumět. Dětem na prvním stupni jej ale vysvětlovat nedoporučujeme (jsou zapotřebí znalosti, které vaši žáci získají až mnohem později ve fyzice). Jako zajímavost jej ale ukázat můžete. (Pokud ovšem seženete vhodné pomůcky.)

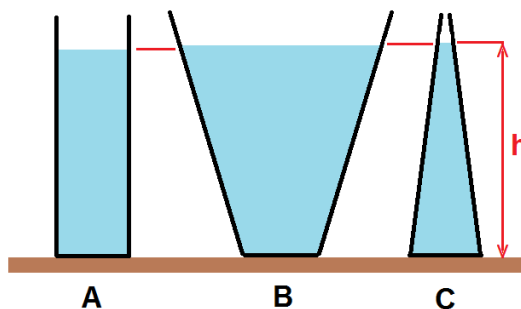
Pomůcky: přístroj pro demonstraci hydrostatického paradoxu. Vypůjčit si ho (možná) můžete v kabinetu fyziky. Přístroj si můžete prohlédnout na obrázku. Součástí přístroje je podobný měřicí systém jako u Hartlova přístroje popsaneho výše. Je zde širší trubka s pružnou membránou, na kterou je možné nasazovat nádoby různých tvarů. Do vybrané nádoby nalijeme (u některých typů přístroje napustíme) vodu a připojeným měřičem změříme tlak u dna nádoby (to je tvořené prve zmíněnou membránou). Po výměně nádoby za jinou s jiným tvarem napustíme vodu do stejné výšky a porovnáme tlak u dna s tlakem naměřeným v předchozím případě. Pokus nám ukáže, že tlak u dna nádoby závisí na hloubce, ale ne na tvaru nádoby. Budeme-li tedy mít nádoby s tvary, jaké jsou načrtnuty na obrázku, a voda v nich bude dosahovat do stejné výšky, bude tlak u dna



všech nádob stejný. Tlak závisí pouze na hloubce kapaliny a na tom o jakou kapalinu jde (závisí na hustotě kapaliny). Protože na první pohled vypadá tento výsledek paradoxně, používá se pro něj název hydrostatický paradox.

Otázky pro žáky: Žáků bychom se sice mohli ptát, ve které nádobě bude u dna největší tlak, je ale otázkou, jestli takovou diskusi vyvolat. Odpovědi téměř jistě nebudou správné, překvapení dětí může být veliké, ale nebudeme schopni pokus rozebrat a vysvětlit. Lepší tedy asi bude, když dětem řekneme jenom: „Pojďme se podívat na něco hodně divného.“

Vysvětlení pokusu: Rozmyslete si, v čem spočívá zdánlivá paradoxnost výsledku pokusu. U nádoby vlevo (A) je tlak způsoben vodou, která je všechna přímo nade dnem. Pokud sílu, kterou Země přitahuje vodu, vydělíme velikostí plochy dna, zjistíme, jaký je u dna hydrostatický tlak. V nádobách B a C je jiné množství vody, nádoby ale mají stejně velkou plochu dna. Proto bychom asi očekávali, že největší tlak bude v nádobě B, kde je vody nejvíce a nejmenší v nádobě C, kde je vody nejméně. Není tomu tak proto, že v nádobě B tlačí voda na skloněné stěny a ty ji podírají (stěna tlačí na vodu stejně jako voda na stěnu). Šikmé stěny tedy podírají vodu, která je nad nimi, a do dna tlačí pouze voda, která je přímo nad ním. Jak je to ale v případě C? I zde hraje roli stěna nádoby. Voda tlačí kolmo na šikmou stěnu, a pokud by ve stěně byla dírka, stříkala by ven. Dírka tady ale není a stěna tlačí do vody stejně jako voda do stěny. Stěna v nádobě C tedy přitlačuje vodu šikmo dolů a to se ve výsledku projeví tím, že voda tlačí na dno stejně, jako by jí bylo tolik co v nádobě A.



Metodická poznámka: Jak jsme již napsali, tento pokus se nesnažte dětem vysvětlovat. Bez obav řekněte, že je to složitý problém, o kterém se více dozví až ve fyzice. Děti si ale mohou odnést poznatek, že tlak ve vodě závisí jenom na hloubce. Tlak závisí také na hustotě kapaliny, tu má ale použitá voda stejnou.



• Spojené nádoby

Pomůcky: model spojených nádob (existuje v různých provedeních, pravděpodobně bude k zapůjčení u kolegů z 2. stupně v kabinetu fyziky)

Provedení pokusu: Do spojených nádob nalijeme vodu. Přestože jednotlivé nádoby mají různé tvary, voda ve všech z nich vystoupí do stejné výšky.

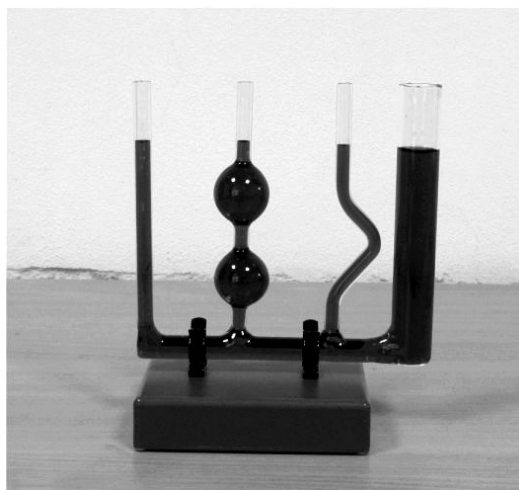
Otázky pro žáky: Znáte odněkud nějaké spojené nádoby? (Někdo si možná vzpomene na čajovou konvici s dlouhou „hubičkou“, na kávovar s kontrolní nádobkou na měření výšky vody v kávovaru nebo konev na zalévání květin.

Na stavbě mohly děti vidět hadicovou vodováhu apod.)

Vysvětlení pokusu: U dna každé ze spojených nádob musí být stejný tlak. Pokud by tomu tak nebylo a pod některou nádobou byl tlak např. nižší, natlačila by se tam voda tak, aby se tlak u dna srovnal s tlaky u dna ostatních nádob. Protože tlak v kapalině závisí na hloubce, je jasné, že hloubka vody v každé ze spojených nádob je stejná.

Metodické poznámky: Děti můžete upozornit na to, že tvary spojených nádob mohou být různé a přesto v nich voda vystoupí do stejných výšek. Děti můžou vymýšlet, k čemu by se takové spojené nádoby daly použít a kde všude se s nimi můžeme setkat. Můžete třeba přemýšlet nad tím, jak vysoký musí být vodojem, aby se voda z něj dostala do nejvyšších pater domů v jeho okolí. (Pozor ale na to, že ve vodovodní soustavě mohou být různá čerpadla, takže nemusí jít pouze o princip spojených nádob.)

Pokud spojené nádoby nakloníte, zjistíte, že spojnice hladin v nich je vodorovná. Může vám připadnout, že u nakloněné pomůcky už voda v jednotlivých nádobách nedosahuje do stejné výšky. Uvědomte si ale, kde je dno, ke kterému v takovém případě měříme hloubku vody. Je to nejnižší bod spodní části nádob. Voda tedy i v tomto případě dosahuje v jednotlivých spojených nádobách do stejné výšky.



• Lze zrušit tlak vody? (první část pokusu)

Pomůcky: PET lahev, špendlík (hřebíček), lator, voda

Provedení pokusu: Naplníme PET lahev vodou, našroubujeme víčko a propícháme několik dírek do boční stěny lahve. Lahev postavíme na vhodný stojánek nad lavorem, nebo podobnou širokou nádobou. Pokud nám nevadí trocha vody na stole, můžeme postavit láhev na stolek přímo na stůl (jako na obrázku vpravo). Lahev lze přidržet nad dřezem, nebo umývadlem (nesmíme ale přitom lahev mačkat). Povolíme víčko a pozorujeme, jak voda stříká ven z otvorů.

Otázky pro žáky: Proč stříká voda z otvorů v lahvi? (Ve vodě je určitý tlak a ten způsobuje, že voda stříká ven.)



Všimněte si otvorů, které jsou v menší a větší hloubce pod hladinou vody v lahvi. Stříká z nich voda stejně? (Z otvorů ve větší hloubce stříká voda rychleji. Zjistíme to třeba prstem přiloženým do pramínku poblíž otvoru – voda více strká do prstu u nižších otvorů.)

Kde myslíte, že voda více tlačí? V horní, nebo dolní části lahve? (V dolní části – je tam větší tlak.)

Vysvětlení pokusu: Jak jsme zjistili v předchozích pokusech, ve vodě je tzv. hydrostatický tlak, který roste s hloubkou. Voda tlačí kolmo na stěny lahve a stěna strká do vody v opačném směru. Když je ve stěně dírka, nemůže už lahev v tomto místě proti tlakové síle vody tlčit a voda stříká ven. Ve větší hloubce je větší tlak – voda tedy stříká ven větší rychlostí z otvorů, které jsou ve větší hloubce.

Metodická poznámka: Možná vás napadlo, že voda by měla dostříknout nejdále z nejhlubších otvorů, když odtamtud stříká nejrychleji. Nezáleží ale jenom na tom, jak rychle voda stříká, ale také na tom, jak dlouho trvá, než dopadne na stůl, nebo jinou podložku. Když např. lahev necháte stát přímo na stole a těsně nad ním ji propíchnete, nedostříkne voda tak daleko, jako z otvoru v horní části lahve.

• Lze zrušit tlak vody? (druhá část pokusu)

Pomůcky: propíchaná PET lahev z předchozího pokusu naplněná vodou

Provedení pokusu: Lahev držíme v ruce, povolíme víčko, aby pod ním mohl procházet vzduch. Z otvorů začne stříkat voda. Lahev nyní pustíme k zemi. Voda z otvorů přestane stříkat. Zkusíme lahev vyhodit vzhůru. Voda opět přestane stříkat z otvorů. Pokusíme se lahev chytit. V okamžiku, kdy ji chytíme, voda opět začne stříkat. Znovu lahev vyhodíme – přestane stříkat atd.

Otázka pro žáky: Jaký je asi tlak vody v lahvi, když ji pustíme k zemi, nebo vyhodíme vzhůru? (Není tam žádný tlak. Poznáme to podle toho, že voda přestala stříkat z otvorů.)

Vysvětlení pokusu: Uvědomte si, proč voda v lahvi tlačí do stěn a dna když ji držíte v ruce. Je to proto, že vodu přitahuje Země, ale vy ji nedovolíte spadnout, protože držíte lahev. Země tedy přitahuje vodu dolů, vy jí ale pomocí lahve podpíráte. Voda tedy tlačí do lahve a lahev zase stejně velkou silou zpátky do vody. Když ale lahev pustíte, zrušíte podpírací sílu a lahev začne padat stejně jako voda uvnitř. Voda se pohybuje stejně jako lahev a neumí už do ní tlčit.

Uvědomte si, že podpírací síla zmizela, i když jste lahev vyhodili nahoru. (Po výhozu už lahev neudržíte a nic jí tedy nepodpírá.) Znamená to snad, že lahev letící po výhozu nahoru padá? Ano – je to tak. Padá, a proto lahev při letu vzhůru zpomaluje, až se směr jejího letu otočí a pohybuje se dolů se stále se zvětšující rychlostí. Voda i po vyhození padá stejně jako lahev a není tedy důvod, aby do lahve tlačila.

Jaká je tedy odpověď na otázku, kterou jsme si položili v názvu tohoto pokusu? Tlak vody v lahvi lze zrušit tak, že lahev necháme padat, nebo ji vyhodíme směrem vzhůru. (Přitom totiž lahev taky padá.)

Metodická poznámka: Aby voda z lahve stříkala, je nutné povolit víčko. Pod povoleným víčkem může do lahve pronikat vzduch a voda může z lahve vytékat (stříkat z otvorů). Víčko bychom z lahve mohli sundat úplně. To by ale bylo nepraktické při házení lahví. Pokud lahev



spadne na zem, nevyteče z ní tolik vody, když je na ní povolené víčko, jako kdyby tam víčko vůbec nebylo.

- **Zvětšování tlaku v nádobě s vodou**

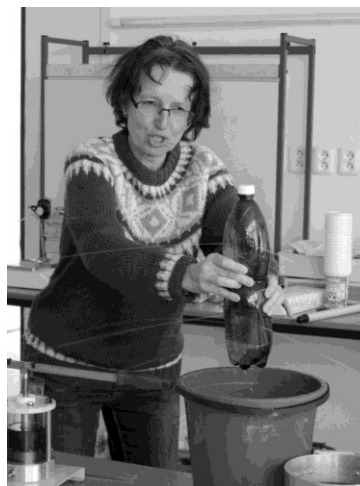
Pomůcky: PET láhev s propíchanými otvory podél celé lahve (podobně jako v předchozím pokusu), lavor, voda

Provedení pokusu: Lahev naplníme vodou a našroubujeme uzávěr (na rozdíl od předchozího pokusu jej dotáhneme). Lahev podržíme nad lavorem, dřezem, umyvadlem, nebo nad stolem pokud nevádí, že ho postříkáme vodou. Stiskneme lahev a pozorujeme, že voda stříká ze všech otvorů. Stiskneme více a voda začne stříkat více ze všech otvorů.

Otázka pro žáky: Bude voda stříkat více i z horních dírek, když ji budete mačkat dole? (Ano.)

Bude voda stříkat více i z dolních dírek, když budete lahev mačkat nahoře? (Bude.)

Vysvětlení pokusu: Tímto pokusem demonstrujeme tzv. Pascalův zákon. Když působíme na kapalinu vnější silou (snažíme se kapalinu stlačit) všude v kapalině se zvětší tlak (a to o stejnou hodnotu).

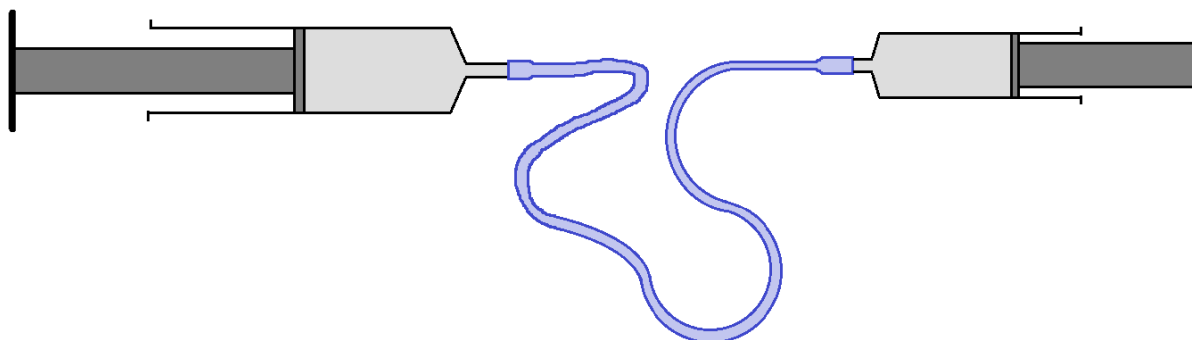


Metodická poznámka: Při pokusu je lepší držet lahev ve svislé poloze. Efekt intenzivnějšího stříkání ze všech dírek je tak lépe pozorovatelný, než když je lahev ve vodorovné poloze.

- **Stříkačkové „přetlačovadlo“ (model hydraulického lisu)**

Pomůcky: Dvě injekční stříkačky – jedna malá, druhá velká. Pružná hadička, kterou lze těsně nasadit na ústí stříkaček (např. silikonová hadička, kterou lze koupit v potřebách pro akvaristiku), lepidlo na měkké plasty (např. UHU all plastics), voda

Provedení pokusu: Ústí obou stříkaček potřeme lepidlem na měkké plasty a nasuneme na ně hadičku dlouhou asi půl metru. Výsledek by měl vypadat takto:



Lepidlo necháme pořádně zaschnout. Je nutné použít vhodné lepidlo. Mnohá lepidla na bázi acetonu plasty rozleptají. (Lze to zkusit i bez lepení, jen pozor – hadička může při pokusu „vyskočit“.)

Po zaschnutí lepidla vytáhneme píst z menší stříkačky úplně ven (s použitím mírné síly se to podaří). Píst velké stříkačky zasuneme až „na doraz“. Vše ponoříme do vody a pístem větší stříkačky nasajeme do celé soustavy vodu tak, aby píst byl trochu dále než za polovinou těla

stříkačky. Ještě pod vodou nasuneme malý píst zpět a trochu jej zatlačíme dovnitř (píst ve větší stříkačce se přitom trochu vysune). Vše vytáhneme z vody a osušíme.

Vezmeme do každé ruky jeden píst a na oba písty zatlačíme. Všimneme si, že při přetlačování vyhraje ruka s malým pístem.

Dáme přetlačovací dvěma dětem a řekneme jim, ať se pomocí pístů přetlačují. Vyhraje ten, kdo má v ruce menší píst.

Otázky pro žáky: Dalo by se takové zařízení k něčemu využít? (Dalo by se pomocí něj zvětšit síla. Takže bychom třeba mohli pístem větší stříkačky něco zvedat.)

Vysvětlení pokusu: Pomůcka, kterou jste si vyrobili, je modelem hydraulického lisu, nebo hydraulického zvedáku. Využívá se zde tzv. Pascalův zákon, který říká, že když kapalinu začneme stlačovat vnější silou, zvětší se v ní tlak, a to všude stejně. Když zatlačíme na píst menší stříkačky, všude v celém přetlačovadle zvětšíme tlak. Malý píst tlačí na vodu pod sebou a voda tlačí i do velkého pístu. Pokud si vzpomínáte, tlak se dá určit tak, že vydělíte působící sílu velikostí plochy pístu. Aby mohl být tlak u malého i velkého pístu stejný, musí být síla, kterou voda působí na velký píst tolikrát větší, kolikrát má velký píst větší plochu než píst malý.

Pokud máme např. stříkačky, u nichž má větší píst třikrát větší plochu, než píst malý, musí ten, kdo tlačí do velkého pístu přetlačovadla působit třikrát větší silou než druhý účastník přetlačovací soutěže, aby se písty stříkaček nehýbaly.

Metodické poznámky: I když je hadička ke stříkačkám přilepená, může se při silném tlačení do pístů stát, že se spoj poruší, hadička vyskočí a účastníci pokusu budou postříkáni.

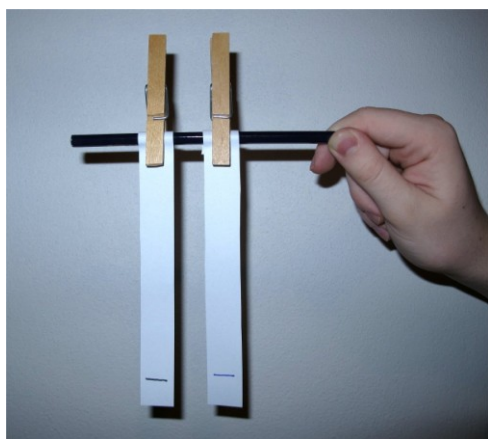
Upozorněte tedy děti, aby do stříkaček netlačily příliš velkou silou.



• Jak jsou namíchány barvy fixů? Papírková chromatografie

Pomůcky: několik čistých zavařovacích sklenic, několik pastelek, kolíčky na prádlo, proužky z filtračního papíru, nebo odstříhané okraje novin, nůžky, sada fixů (nejlépe těch, na kterých je napsáno, že jsou vypratelné)

Provedení pokusu: Z filtračního papíru nastříháme pásy asi 2 cm široké. Pomocí kolíčků na prádlo přicvakneme dva pásy na každou pastelku. Na fotografii vidíme, jak to udělat. Proužky ustříhneme na takovou délku, aby po položení pastelky na sklenici dosáhly asi centimetr nade dno. Přibližně dva centimetry od spodního konce proužku nakreslíme čárku fixem. Na každém proužku bude jiná barva. Čárky kreslíme kolmo k delší straně pásu. Do sklenic nalijeme čistou vodu 1-2 cm nad dno. Na každou sklenici položíme jednu pastelku s proužky. Zkontrolujeme, že se papírky nedotýkají stěn sklenic a že jsou jejich konce ponořené do vody. Nakreslené čárky ale musí být nad hladinou! Pozorujme, co se bude dít. Postupně se z čárek vymývají různé barvy a budou šplhat vzhůru papírkem. Děti mohou zkoumat, z jakých barev jsou původní barvy namíchané.



Otázky pro žáky: Všimli jste si někdy, že smícháním dvou, nebo více barev může vzniknout barva jiná? (Děti si toho nejspíše všimly při malování vodovými, nebo i jinými barvami.) Všimli jste si někdy, že voda umí stoupat vzhůru i něčím jiným, než papírkem v našem pokusu? (Např. když zalíváme květiny do misek pod květináčem, stoupá voda zeminou v květináči.)

Vysvětlení pokusu: V papíru jsou póry (tenké trubičky z celulózy), kterými voda stoupá vzhůru. Takovým trubičkám říkáme kapiláry. Některé kapaliny v kapiláře stoupají, jiné naopak klesají – záleží na tom, z jakého materiálu je kapilára a jakou použijeme kapalinu. Například ve skleněné kapiláře stoupá voda a klesá rtuť. Kapilární jevy jsou velmi výrazné u velice úzkých kapilár (s průměrem, který je pouze zlomkem milimetru). Vysvětlení kapilárních jevů vyžaduje fyzikální znalosti, se kterými se seznamují až studenti vyššího stupně gymnázia. Na prvním stupni ZŠ je samozřejmě nemůžeme dětem vysvětlit, děti o nich ale mohou vědět.

Metodické poznámky: Místo filtračního papíru je možné použít např. nastříhané pásy z nepotíštěných okrajů novin. Zajímavé je experimentovat s různými typy fixů, s náplněmi propisovacích tužek apod.

Úchyt papírků můžete vymyslet i jinak, např. tak, jako na následujícím obrázku (autor: Milan Rojko):



Poznámka: Pokus je zpracován podle úkolu ze soutěže „Koumes“, kterou v roce 2012 pořádala Asociace malých debružářů ČR (autoři zadání: Jitka Houfková a Zdeněk Drozd).

• Jak pijí stromy a jiné rostliny?

Zamysleme se ještě nad zajímavým problémem z rostlinné říše. Jak je možné, že stromy a jiné rostliny dokážou dopravit vodu ze země až do svých korun, listů apod.? Nejprve si vyzkoušíme pokus týkající se tzv. transpirace a potom uvedeme několik informací o fyzikálních mechanismech „pití stromů“. Text je s drobnými úpravami převzat z knihy: Drozd Z., Brockmeyerová J.: *Pokusy z volné ruky*. Prometheus, Praha 2003.

Pomůcky: nádobka s vodou, inkoust, zelená rostlina s měkkým stvolem a několika listy, např. nať celeru, průhledná fólie (mikrotenový sáček apod.), trubička ve tvaru U, upevněná např. na pevné krabici, nálevka, úzká skleněná trubička, větvička keře nebo stromu se zelenými listy.

Transpirace rostlin

Provedení pokusu: Do nádobky nalijeme vodu s trochou inkoustu a do roztoku ponoříme zelenou rostlinu, například stvol celeru s několika listy. Co se stane za 12 hodin? Stvol rostliny, popřípadě i s listy se zbarví do modra. Vodní roztok zřejmě stoupá v rostlině směrem vzhůru.

Do skleničky naplněné pouze vodou postavíme stvol rostliny, která má několik listů. Označíme výšku vodní hladiny ve skleničce, přikryjeme ji průhlednou fólií a jeden list obalíme mikrotenovou fólií. Co budeme pozorovat za několik dní? Hladina vody ve skleničce se sníží a ve fólii kolem listu se nahromadí kapičky vody, jako by se rostlina „potila“. Voda zřejmě prochází rostlinou a vypařuje se. Celý jev můžeme urychlit následujícím způsobem. Na pevnou papírovou krabičku připevníme průhlednou trubičku ve tvaru U. Na jeden otvor trubičky nasadíme nálevku, do druhého zasuneme stvol rostliny s listy a trubičku naplníme vodou. Fénem pak ofukujeme rostlinu horkým a suchým vzduchem, pokud možno tak, aby nezasahoval trubičku a otevřenou nálevku. Co pozorujeme? Rostlina rychle vysaje všechnu vodu. Stejně množství vody se z ní pravděpodobně vypařilo. Dochází tedy současně i k výstupu vody z rostliny, což se nazývá transpirace.

Fyzikální mechanismy „pití stromů“

Provedení pokusu: Pokusem můžeme snadno ukázat, že hlavní tok vody prochází dřevěnou částí stromu. Do vody ponoříme dvě větvičky, které jsme předem upravili. Na konci jedné sloupneme kůru, na konci druhé vyřízneme stejně dlouhý kus dřeva a do vody ponoříme pouze volně visící kůru. Větvička s dřevěným koncem zůstane dlouho svěží, větvička s koncem z kůry brzy zvadne.

Vysvětlení pokusu: Z velké lípy se podle měření za den vypaří až 200 l vody. Jaké síly však vodou v rostlině pohybuje, jak může voda stoupat vzhůru? Vždyť normálně teče voda vždy směrem dolů.

Vodu přijímá rostlina pomocí kořenů, které jsou většinou rozvětveny až do nejjemnějších vláken v půdě. Kořeny mají tu vlastnost, že nasávají velké množství vody, jsou hygroskopické. Hygroskopii kořenů způsobuje zvláště prvek hořčík, který je nutný pro růst rostlin a který váže na každou svou částici větší množství molekul vody. Voda proniká do kořenů a je rozváděna do celé rostliny.

Systémem, který vede vodu v rostlinách jednak přímo vzhůru, jednak do všech jejích částí, je soustava úzkých trubiček, tzv. kapilár. Když dáme do nádoby s vodou úzkou skleněnou trubičku, uvidíme, že v ní voda výrazně stoupne proti hladině vody v nádobě. Mezi vodou a sklem dochází k přitahování, kterému říkáme adheze. Adhezní síla působí proti tíhové síle působící na vodu v trubičce. Po vyrovnání obou sil voda v trubičce už nestoupá. Čím je trubička užší, tím v ní bude sloupec vody vyšší. Ve stromech jsou takové kapilární trubičky uvnitř jejich dřevěné části, většinou po odumřelých buňkách, a mají průměr 0,02 mm až 0,04 mm. Voda tyto trubičky smáčí, a proto v nich může stoupnout až o několik metrů. K dosažení vrcholu padesátimetrového stromu to však nestačí.

Dalším systémem vedení vody ve stromu jsou kanály, tvořené buňkami dřeva. Blány těchto buněk jsou částečně propustné, takže dochází k jevu zvanému osmóza. Molekuly vody mohou do těchto buněk vnikat a zaplní je kapkami, jejichž vnitřní tlak je zvyšován ještě tlakem osmotickým. Při dostatečně vysokém tlaku může voda z buňky dřeva vystupovat a přecházet do buňky výše položené. Rozměr těchto buněk je řádově 10^{-5} m a součet kapilárního tlaku a tlaku osmotického je dostatečně velký, aby odpovídající tlaková síla vytlačila vodu až do nejvyšších vrcholů stromu.

Voda ve stromu nezůstane, je stále transpirována jeho listy. Těsně pod povrchem listů jsou velice malé prostory, do nichž strom přijímá oxid uhličitý a z nichž vypouští kyslík, vzniklý při fotosyntéze. Do těchto prostorů jsou současně zavedeny kanálky, tvořené buňkami dřeva, které je rychle zaplní vodní párou. Při otevření příslušného „ventilu“ vypustí strom spolu s kyslíkem vodní páru. Ta potom splyne s kapkami vody, které již na listu jsou, nebo s kapkami mlhy kolem stromu. Tím se uvolní prostor pro transport další vody vzhůru do stromu. Příslušnými „ventily“ si strom může regulovat vlastní obsah vody.

Metodická poznámka: Vysvětlení v předchozím textu není samozřejmě určeno dětem z prvního stupně. Jde ale o zajímavý problém a chtěli jsme vám ho přiblížit.

• Past na peníze

Pomůcky: zápalka, špejle, nebo nějaká dřevěná tříška, mince, láhev se širším hrdlem

Provedení pokusu: Na otevřenou prázdnou láhev položíme zápalku (popřípadě kousek špejle, třísky,...), kterou jsme předtím nalomili. Na zápalku položíme minci. Dětem řekneme, že se už zápalky ani mince nedotkneme. Přitom necháme



nenápadně skápnout s prstu kapku vody na místo zlomu na zápale. Odstoupíme a k zápale začneme mluvit. Ta se pomalu začne rozevírat a mince sama od sebe spadne do láhve.

Otázka pro žáky: Všimli jste si něčeho, co jsem při provádění pokusu zatajil(a)? (Někdo si pravděpodobně všimne, že jste na nalomené místo zápalky kápli kapku vody.)

Vysvětlení pokusu: Dřevo obsahuje podlouhlé buňky, které mohou nasávat vodu (molekuly vody mohou pronikat do buňky, ale ne ven). Takovému nasávání vody říkáme bobtnání. Při bobtnání se zvětšuje velikost buněk, ty si překážejí a strkají do sebe. V místě, kde je zlom, se díky tomu začne zápalka (špejle, tříška) napřimovat.

Metodické poznámky: U tohoto pokusu si můžeme vybrat, jestli ho chceme podat jako kouzlo, nebo dětem přímo řekneme, že na nalomené místo zápalky kápneme kapičku vody. Zápalku nesmíte zlomit úplně. Je zapotřebí ji pouze nalomit tak, aby obě části byly stále propojeny kouskem dřeva, které může bobtnat.

Tento pokus je rovněž převzat z knihy:

Drozd Z., Brockmeyerová J.: *Pokusy z volné ruky*. Prometheus, Praha 2003.

• Kouzelný motýl

Sadu pokusů s vodou zakončíme výrobou zajímavé hračky.

Pomůcky: novodurová trubka necelého půl metru dlouhá o průměru např. 2,5 cm (1 palec), dvě gumová uzavíratka trubky (jako na obrázku – dají se koupit ve specializovaných prodejnách s gumovým zbožím) nebo dva gumové špunty apod., kousek extrudovaného polystyrenu (koupíte ho ve stavebninách, nebo v prodejnách typu Bauhaus), malý neodymový magnet (knoflíkového tvaru s průměrem okolo 1 cm), kancelářská sešívačka, malý motýl vystřižený z kancelářského papíru (nemusí to být motýl, ale cokoli jiného: ryba, beruška, sluníčko, traktor...), izolepa



Výroba hračky: Z extrudovaného polystyrenu vyřízněte plovák – kvádrík podobný tomu, který vidíte na obrázku. Uprostřed vyřízněte důlek, vsuňte do něj neodymový magnet a vše oblepte izolepou. Na trubku nasuňte jednu koncovku, naplňte trubku vodou a vsuňte do ní plovák. Když budete trubku držet svisle, měl by plovák dosahovat horní části k okraji trubky. Nasuňte druhý gumový uzávěr a trubku zvenčí osušte. Do papírového motýlka (ryby, sluníčka...) všijte sešívačkou jednu (ocelovou) sponku. Najděte zkusmo místo, kde je uvnitř trubky plovák s magnetem, a motýlka k tomuto místu přiložte. (Našli jste tedy polohu, v níž se motýlek pomocí svorky přichytí k trubce - přes stěnu trubky ho přitahuje magnet.) Toto se nejlépe dělá při svislé poloze trubky (plovák s magnetem je kousek od horního gumového uzávěru). Trubku otočte tak, aby byl motýlek dole. Začne šplhat po trubce nahoru. Potom trubku znovu otočte – motýlek opět vyšplhá vzhůru.



Vysvětlení pokusu: Vysvětlení je jednoduché. Při otočení trubky se plovák dostane do spodní polohy, vyplouvá nahoru a spolu s ním se pohybuje motýl držený magnetem pomocí všité ocelové svorky.

Metodická poznámka: Dětem můžete trubku s motýlkem ukázat, nechat motýlka šplhat po trubce (setkáte se asi s překvapenou reakcí dětí) a potom je nechejte hádat, jak vše funguje.