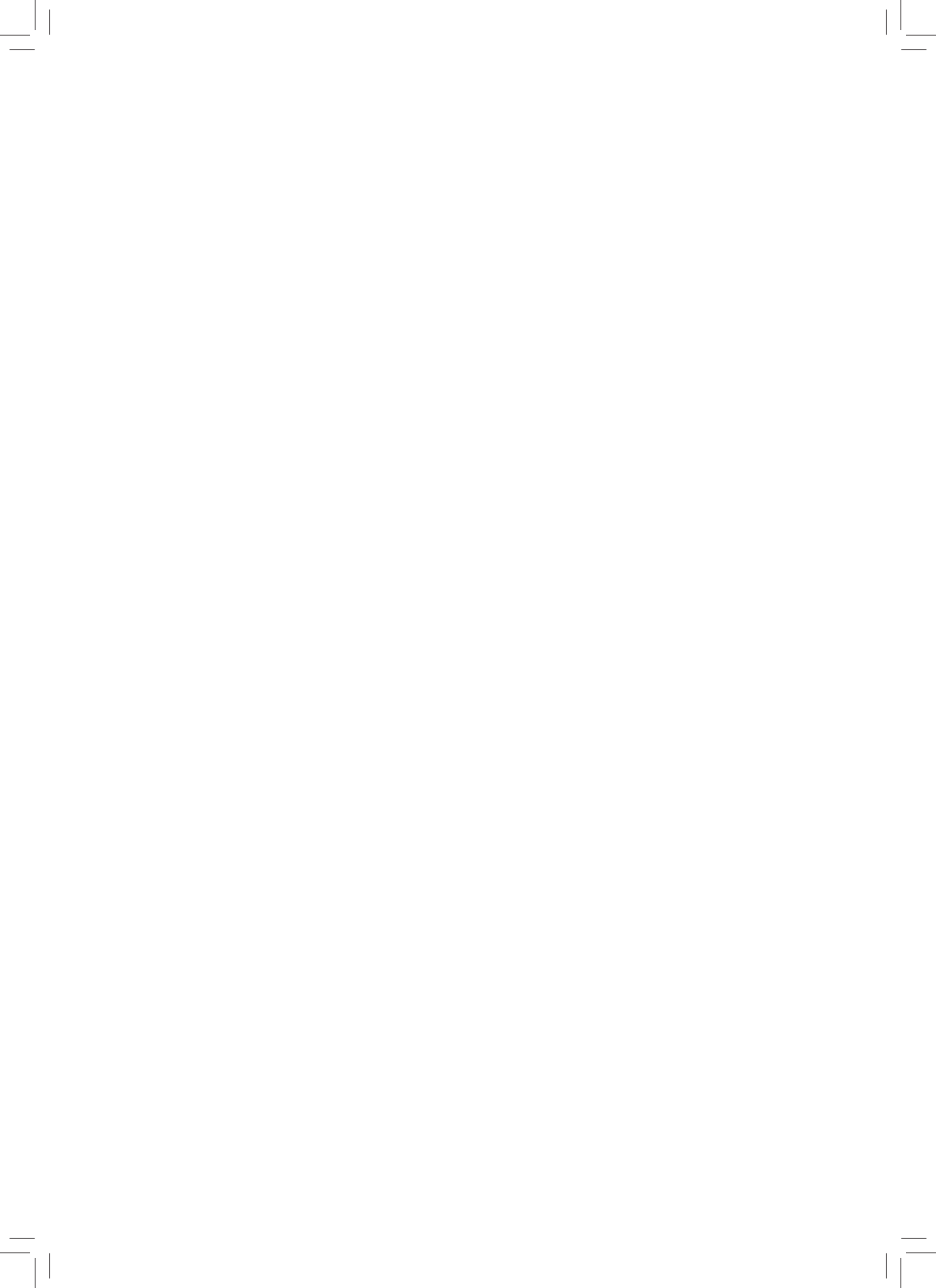


PHDR. ZDEŇKA KIELBUSOVÁ

# HRÁTKY S PLYNY I.





ÚVOD	4
NEŽ ZAČNEME	5
EXISTENCE VZDUCHU	7
TÍHA VZDUCHU	13
PROJEVY ATMOSFÉRICKÉHO TLAKU	15
PASCALŮV ZÁKON	28
SOUPEŘENÍ PLYNŮ	31
ARCHIMÉDŮV ZÁKON PRO PLYNY	36
ZÁVĚR	39



# ÚVOD

Milé zvědavé hlavy,

zamyslely jste se někdy nad tím, zda suchá sklenička je či není prázdná? Obvykle rozlišujeme, zda je sklenička „plná“ nebo „prázdná“. Pokud je „plná“, zajímá nás, co v ní je, zejména máme-li zrovna žízeň. V každodenním životě, mimo laboratoře, je ovšem sklenička vždy plná, tvrdím já, a ty nejzvědavější hlavy už jistě ví, kam mířím. Člověk si dlouhou dobu neuvědomoval, že vzduch je přítomen všude kolem nás a nepřežili bychom bez něj. Zatímco bez jídla můžeme žít i několik týdnů a bez vody i více dnů, bez vzduchu si poradíme jen pouhých pár minut.

Právě jste otevřely brožurku, která vás přesvědčí o existenci vzduchu a plynů obecně. Společně zjistíme, že vzduch má hmotnost, a také například, že ne všechny plyny váží stejně. Vyzkoumáme, jaké důsledky vyplývají z toho, že žijeme na dně plynného moře. Ukážeme si, že zákony pánů Archiméda a Pascala neplatí jen pro kapaliny, ale i pro plyny. Zjistíme, že plyny mezi sebou mohou soupeřit.

Pro bystré hlavy není lepší cesta, než vlastníma rukama něco vytvořit a přitom pochopit, jak příroda funguje a jakými pravidly se řídí. Tak neváhejte a pojďme si hrát s plyny.

PhDr. Zdeňka Kielbusová

# NEŽ ZAČNEME...

## KDE SEŽENETE MATERIÁL, KTERÝ BUDETE POTŘEBOVAT?

### **Kádinky a skleničky**

Každou kádinku můžete nahradit skleničkou, kterou si půjčíte s dovolením rodičů z kuchyně.

### **Plastové a skleněné láhve**

Plastové i skleněné láhve různých velikostí a tvarů pořídíte snadno v obchodě s potravinami nebo v domácích potřebách. „Vyprázdnit je“ pro vás nebude určitě problém.

### **Hadičky a hadice**

Plastové hadičky nejspíše koupíte v akvaristických potřebách či v laboratorních potřebách. Pokud budete shánět hadici, abyste provedli Torricelliho pokus, poříd'te si silikonovou hadici, přes kterou je dobře vidět hladina vody uvnitř. Koupíte ji v laboratorních potřebách.

### **Fluorescein**

Ten by se vám špatně sháněl, ale pokud hezky poprosíte ve škole pana(i) učitele(ku) na chemii, určitě vám špetku dá. Pozor, stačí opravdu maličko! Pokud jej vyučující nebude mít, nevádí, vystačíte si s potravinářským barvivem z drogerie.

### **Pouťové balóanky**

Koupíte je v jakémkoliv hračkářství, kde bude jistě velký výběr z různých tvarů a barev.

### **Plastové sáčky**

Plastové sáčky různých velikostí koupíte v domácích potřebách, drogerii nebo papírnictví.

### **Skleněná láhev se širším hrdlem**

Novou skleněnou láhev se širším hrdlem snadno pořídíte v domácích potřebách. Jistým zdrojem jsou i automaty na mléko. V potravinách lze zakoupit další skleněné láhve různých tvarů (s džusy, omáčkami na špagety apod.) a po vyprázdnění obsahu je použít.

### **Potravinářské barvivo**

Potravinářské barvivo koupíte v každé drogerii nebo ve větších potravinách.

### **Kabelová průchodka (vývodka)**

Pro stavbu plastové láhve s hadičkou můžete využít kabelovou průchodku (vývodku), kterou pořídíte v obchodě s elektroinstalačním materiálem. Její velikost musí ovšem souhlasit s hadičkou.

### **Gumové zátky**

Gumové zátky seženete v domácích nebo chemických potřebách. Vždy si dávejte pozor, ať si koupíte správný rozměr. Pokud budete potřebovat udělat do zátky díрку, poproste tatínka nebo vyučujícího.

### **Brčka**

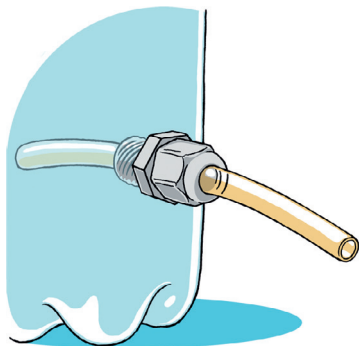
Pořídíte v jakémkoliv větším nákupním středisku, drogerii nebo papírnictví.

### **Skleněné trubičky**

Skleněné trubičky jsou k sehnání v chemických potřebách. Pozor, poproste rodiče nebo vyučujícího o pomoc. Nikdy nepracujte se skleněnými trubičkami sami – mohli byste se pořezat!

### **Injekční stříkačky**

Koupíte v různých velikostech v každých zdravotnických potřebách. Při pokusech nejčastěji využijete velikost 60 ml.



# EXISTENCE VZDUCHU

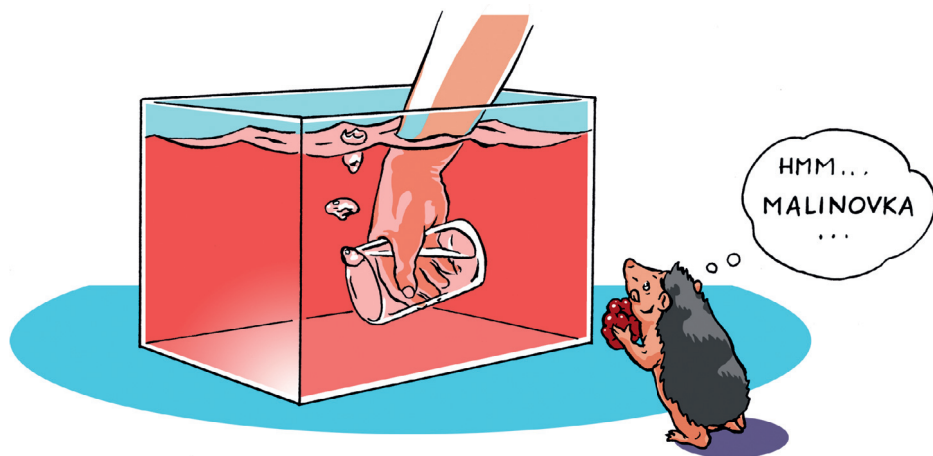
Přestože vzduch nevidíme, necítíme ani jej nemůžeme ochutnat, je všude kolem nás a můžeme vnímat a zkoumat jeho existenci. Bez vzduchu bychom nemohli žít. Molekuly vzduchu se neustále neuspořádaně pohybují, jejich vzájemné vzdálenosti nejsou stálé. Neviditelný vzduch nebo nějaký jiný plyn v nádobě si ve své mysli můžeme představit podobně jako kapalinu, protože má mnoho podobných vlastností. Plyn je snadno dělitelný, vždy vyplní celý objem nádoby. Na rozdíl od kapalin je však stlačitelný a pružný. Je to nejměkčí polštář na světě.

V následujících experimentech se přesvědčíme o existenci vzduchu.

## JSOU SKLENIČKA A SÁČEK SKUTEČNĚ PRAZDNÉ?

### CO BUDEME POTŘEBOVAT

- akvárium
- sklenici
- igelitový sáček
- svíčku
- zápalky
- vodu
- potravinářské barvivo



### Sklenička

#### JAK NA TO

Akvárium naplníme vodou obarvenou potravinářským barvivem a ponoříme do něj sklenici dnem vzhůru. Po mírném naklonění sklenice pozorujeme, jak z ní unikají vzduchové bubliny. Po opětovném narovnání skleničky pozorujeme, jak na místo vzduchu, který unikl, vnikla voda.

#### VYSVĚTLENÍ

Voda do „prázdné“ skleničky nepronikne, protože je v ní vzduch, který ve skleničce zaujímá určitý objem. Dokud ze skleničky nemůže vzduch uniknout (je „lehčí než voda“), zabraňuje vniknutí okolní vody dovnitř skleničky. Jakmile skleničku nakloníme, část vzduchu unikne a na jeho místo nateče okolní voda.

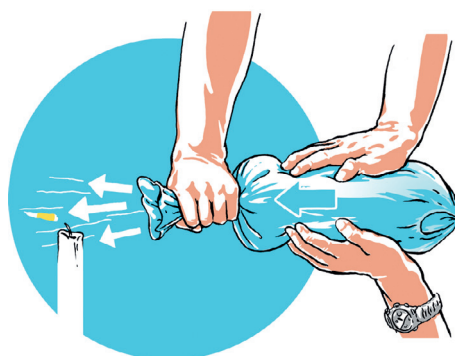
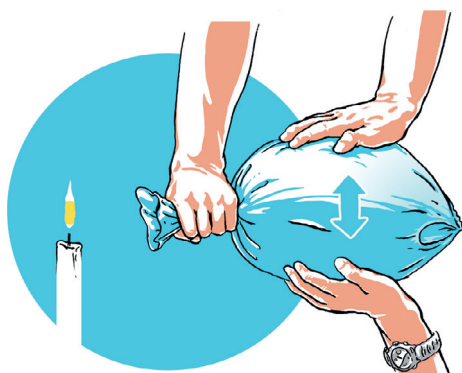
### Sáček

#### JAK NA TO

Nejdříve zapálíme připravenou svíčku. Igelitový sáček na odpadky co nejvíce otevře-  
me a potom jeho okraj těsně stiskneme a držíme uzavřený. Zkusíme sáček jemně  
zmáčknout. Potom trochu uvolníme sevření, namíříme jeho ústí na plamen svíčky  
a znovu, tentokrát silněji, sáček zmáčkneme.

#### VYSVĚTLENÍ

Igelitový sáček nešel zmáčknout, protože v „prázdném“ sáčku byl vzduch. Při namí-  
ření na svíčku a silnějším zmáčknutí jsme vytlačili vzduch ze sáčku a sfoukli ji.





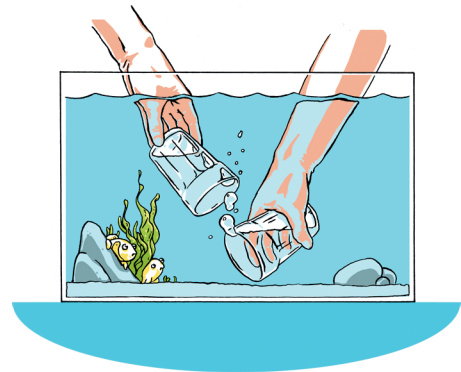
## PŘELÉVÁNÍ VZDUCHU POD VODOU

### CO BUDEME POTŘEBOVAT

- akvárium (nebo jinou vhodnou nádobu)
- dvě skleničky
- vodu
- potravinářské barvivo

### JAK NA TO

Akvárium naplníme vodou a obarvíme ji potravinářským barvivem. První skleničku ponoříme do vody a naplníme ji vodou. Potom ponoříme druhou skleničku do akvária dnem vzhůru. Pokusíme se přelit vzduch z jedné skleničky do druhé a zpět.



### VYSVĚTLENÍ

Při naklopení druhé sklenice začne unikat vzduch, který je lehčí než voda. Vzduchové bublinky zachytáváme do druhé skleničky, která je plná vody. Vzduch vnikající do skleničky z ní bude vytlačovat vodu.

### TIPY

Uspořádejte si soutěž, komu se vícekrát povede přelit vzduch bez jakéhokoliv úniku. Pokud nemáte dostatečné množství skleniček, použijte průhledné plastové kalíšky.

## SUCHÝ PAPIR POD VODOU

### CO BUDEME POTŘEBOVAT

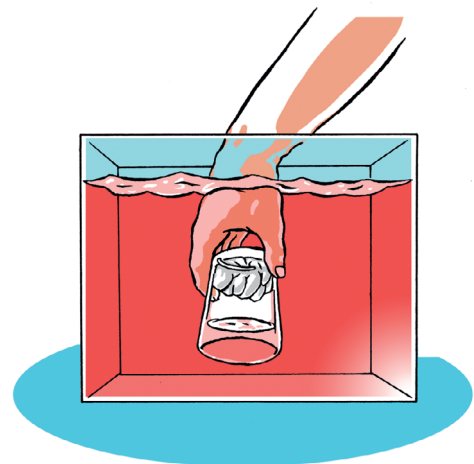
- akvárium
- sklenici
- papír
- vodu

### JAK NA TO

Akvárium naplníme vodou. Vezmeme kus papíru a vmáčkneme jej na dno skleničky tak, aby tam držel. Otočíme skleničku dnem vzhůru a ponoříme ji do akvária.

### VYSVĚTLENÍ

Vzduch ve sklenici zaujímá určitý objem, který zabraňuje vnikání okolní vody do skleničky a tedy i k papíru, který je u dna.



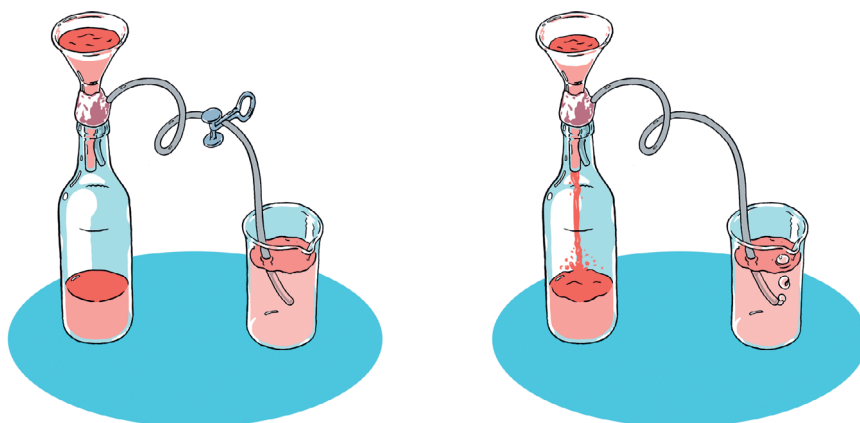
## VLÉVÁNÍ VODY DO LÁHVE

### CO BUDEME POTŘEBOVAT

- skleněnou láhev
- nálevku
- zátku se dvěma otvory, hadičku,
- skleněnou trubičku,
- dětskou sponku (tlačku),
- kádinku (skleničku)
- vodu
- potravinářské barvivo

### JAK NA TO

Experiment sestavíme podle obrázku. Nálevku vzduchotěsně utěsníme do jednoho z otvorů zátky. Druhým otvorem v zátku vedeme vzduchotěsně skleněnou trubičku s navléknutou hadičkou. Druhý konec hadičky ponoříme do kádinky s obarvenou vodou a hadičku přiškrtneme tlačkou nebo dětskou sponkou. Nalijeme-li do nálevky obarvenou vodu, nebude vtékat do láhve, dokud máme hadičku uzavřenou tlačkou. Po uvolnění tlačky začne obarvená voda do láhve vtékat a bublinky v kádince zviditelní unikání vzduchu z láhve.



### VYSVĚTLENÍ

Vzduch v láhvi zaujímá určitý objem a zabraňuje svým tlakem vnikání vody z vnějšku. Jestliže uvolníme vzduchu cestu ven hadičkou, bude vzduch unikat tak, jak jej voda bude vytlačovat.

### TIPY

Pokud nemáme vhodnou zátku se dvěma otvory, můžeme ji nahradit modelínou, kterou pečlivě utěsníme kolem nálevky a skleněné trubičky. Do nálevky je vhodné nalévat obarvenou vodu. V kádince je lepší nechat jen slabě obarvenou vodu, bublinky vzduchu jsou pak lépe vidět.

Jestliže se nám nepovedlo sehnat skleněnou trubičku, vystačíme si jen s nálevkou, modelínou a špejli. Nálevku modelínou vzduchotěsně utěsníme do hrdla skleněné láhve. Nalijeme-li do nálevky obarvenou vodu, nebude vtékat do láhve. Pokud budeme chtít, aby voda začala vtékat do láhve, použijeme špejli nebo nějaký jiný vhodný předmět a uděláme do modelínové zátky díрку tak, aby mohl z láhve unikat vzduch.

Je velice důležité si k experimentu vybrat vhodnou nálevku. Neměla by mít na konci příliš velký a šikmo seříznutý otvor, aby vzduch nemohl probublávat vzhůru samotnou nálevkou. S takovou nevhodnou nálevkou upevněnou v hrdle můžeme ukázat střídavé probublávání vzduchu z nádoby a vtékání vody do nádoby.

## KOLIK VZDUCHU VYDECHNEME

### CO BUDEME POTŘEBOVAT

- plastový kanystr o objemu 5 l
- akvárium
- hadičku

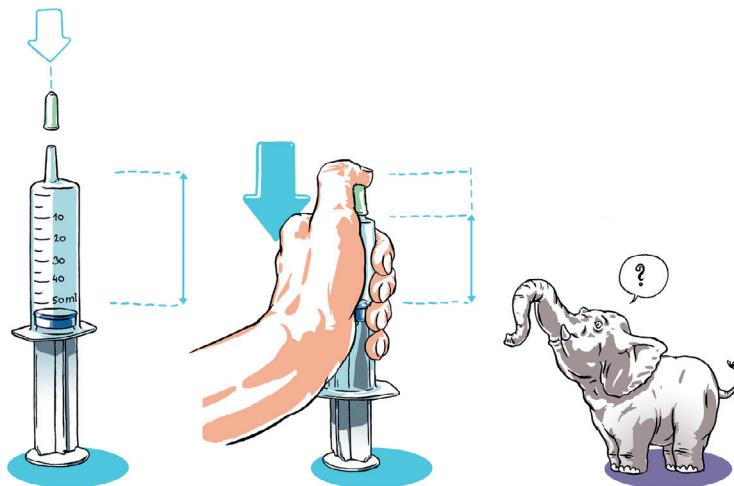
### JAK NA TO

Do plastového kanystru o objemu 5 l postupně vléváme vodu. Po každém 0,25 l vyznačíme na stěně kanystru výšku hladiny, abychom vytvořili stupnici objemu. Kanystr plný vody umístíme dnem vzhůru do akvária s vodou. Do hrdla kanystru zasuneme konec hadičky. Do hadičky vyfoukneme po hlubokém nadechnutí vzduch a změříme jeho objem na stupnici, kterou jsme si předtím vytvořili.

## CO STLAČÍME SNÁZ, VODU NEBO VZDUCH?

### CO BUDEME POTŘEBOVAT

- injekční stříkačku
- utavenou injekční jehlu – s uzavřeným (zataveným) koncem
- vodu



### JAK NA TO

Injekční stříkačku naplníme vodou, na otvor nasadíme utavenou jehlu a pokusíme se o stlačení vody. Pak vypustíme vodu a necháme v injekční stříkačce jen vzduch a porovnáme stlačitelnost vzduchu a vody. Poté nasajeme do jedné poloviny objemu injekční stříkačky obarvenou vodu, otočíme ji a do druhé poloviny objemu nasajeme vzduch. Poté na otvor nasadíme utavenou jehlu a opět se pokusíme o stlačení. Je názorně vidět, že objem vody se nezmění. Naopak vzduch se nám povedlo stlačit.

### VYSVĚTLENÍ

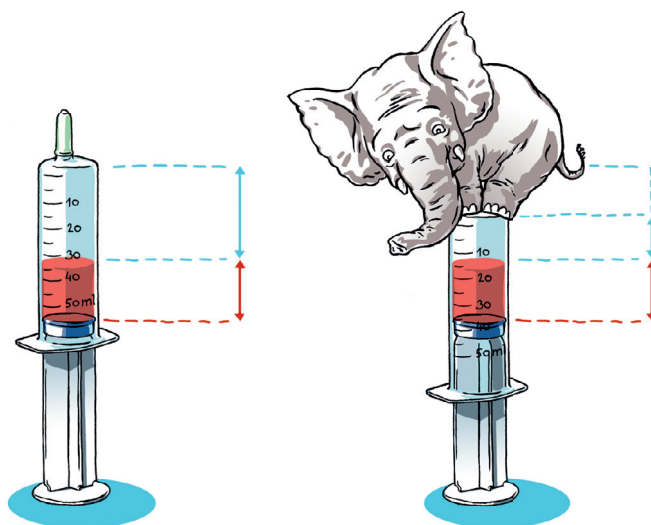
Vzduch je pružný, proto jej lze stlačit mnohem snadněji než vodu. Na rozdíl od kapalin je stlačitelný, protože mezi molekulami plynu jsou mnohem větší vzdálenosti než mezi molekulami kapalin. Působením vnější síly lze u plynu tyto vzdálenosti výrazně zmenšit.

Jakmile přestaneme působit vnější silou na píst, plyn se opět rozeprne a píst se vrátí do původní polohy.

### TIPY

Pokud nemáme injekční stříkačku, můžeme stlačování vzduchu demonstrovat i s hustilkou na kolo. Místo vzduchu můžeme zkusit nasát jiný plyn, např. oxid uhličitý. Výsledek experimentu bude stejný.

Můžeme zatavit i samotnou stříkačku, ale pozor! Píst nikdy nenechávejte dole, jinak už se vám jej nepovede vytáhnout. Pokud nemáte utavenou jehlu a nechcete znehodnotit injekční stříkačku, postačí vám i váš palec.



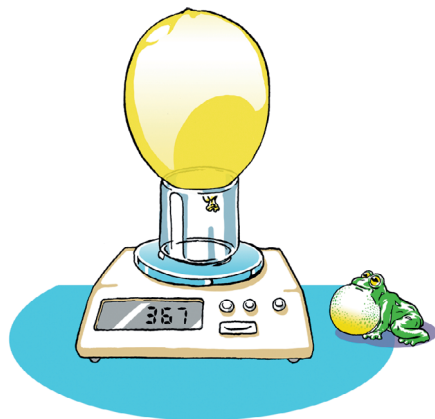
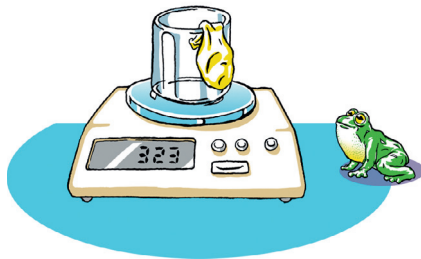
# TÍHA VZDUCHU

Položme si otázku: Má vzduch hmotnost? Vzduch byl dlouho pokládán za „nehmotnou a beztlížnou látku“. Několik následujících experimentů nás přesvědčí o tom, že vzduch „beztížný“ není.

## MÁ VZDUCH HMOTNOST?

### CO BUDEME POTŘEBOVAT

- digitální váhy
- pouťový balónek
- hustilku na míče



### JAK NA TO

Připravíme si digitální váhy a zapneme je. Vezmeme pouťový balónek a zvážíme ho. Změřenou hmotnost zapíšeme. Připravíme si hustilku a její pomocí balónek nafoukneme. Nefoukáme ústy, neboť výsledek by byl zkreslený vodními parami a oxidem uhličitým, které jsou obsažené ve vydechovaném vzduchu. Balónek opět zvážíme a hodnotu na vahách porovnáme se zapsanou hodnotou z předchozího vážení.

### VYSVĚTLENÍ

Balónek, nafukovací míč a obecně všechna tělesa jsou v okolním vzduchu nadlehčována Archimédovou vztlakovou silou podobně, jako je nadlehčován například člověk ve vodě. Pokud zanedbáme objem samotné „stěny“ balónku, je tato síla právě tak velká, jako je tíha zbytku vzduchu v nenafouknutém balónku (vzduch uvnitř má stejný tlak, jako je tlak v okolí balónku). Váhy tak ukazují pouze hmotnost materiálu, ze kterého je balónek vyroben.

Jestliže ale hustilkou zvětšíme tlak uvnitř balónku, do každého  $\text{cm}^3$  dostaneme více molekul vzduchu, než by se jich tam vešlo při atmosférickém tlaku. Tíha tohoto vzduchu pak bude větší, než síla, kterou je nadlehčován. V důsledku hmotnosti

samotného vzduchu pak váhy ukáží vyšší hodnotu než před nafouknutím balónku. 1 litr vzduchu za normálního tlaku má hmotnost přibližně 1,3 g.

#### TIPY

Místo pouťového balónku můžeme také použít vyfouklý volejbalový či fotbalový míč.

## MÁ VZDUCH HMOTNOST?

### CO BUDEME POTŘEBOVAT

- rovnoramenné váhy
- dva stejné balónky
- dva stejné háčky

### JAK NA TO

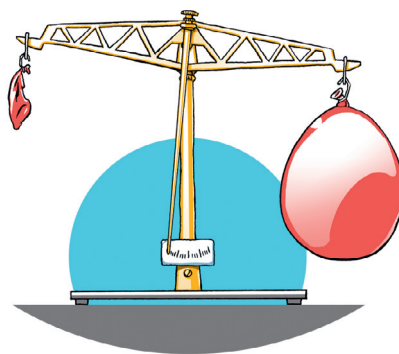
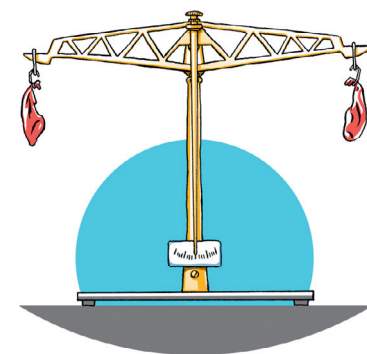
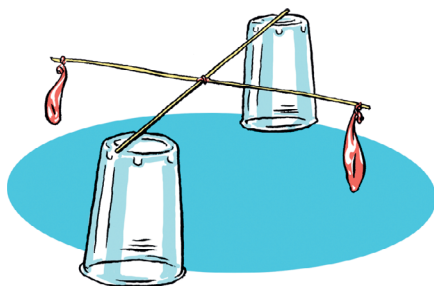
Na konce ramen těla rovnoramenných vah zavěsíme háčky. Na háčky zavěsíme stejné prázdné balónky. Váhy odaretujeme a pozorujeme, že jsou v rovnováze (případnou odchylku vyrovnáme vhodným přivažkem). Váhy opět zaaretujeme a sundáme jeden balónek. Balónek nafoukneme hustilkou a opět ho pověsíme zpět na jeho místo. Váhy odaretujeme a pozorujeme, že rovnováha je narušena.

### VYSVĚTLENÍ

Vysvětlení tohoto pokusu je podobné jako u vážení pomocí digitálních vah.

#### TIPY

Pokud nemáme k dispozici funkční rovnoramenné váhy, postačí nám dva kelímky, dvě špejle, izolepa a provázek. Váhy sestavíme tak, že svážeme ze dvou špejlí kříž, který je vyvážený. Vezmeme dva kelímky a postavíme je na stůl dnem vzhůru. Připevníme na ně otočně dva protilehlé konce špejlí. Na houpačku, která nám tímto vznikla, zavěsíme balónky.



# PROJEVY ATMOSFÉRICKÉHO TLAKU

V předchozích experimentech jsme si dokázali, že vzduch má hmotnost. Důsledkem toho je, že vzduch je přitahován k zemi a působí tlakem na zemský povrch. Tento tlak nazýváme atmosférickým tlakem. Jeho hodnota v blízkosti povrchu Země je přibližně 100 kPa, přesná hodnota závisí na počasí a nadmořské výšce. Tuto skutečnost na základě svých experimentů popsal již Blaise Pascal. Měření atmosférického tlaku prováděl na francouzské hoře Puy-de-Dôme blízko města Clermont-Ferrand.

Experimentálně si dokážeme existenci atmosférického tlaku a jeho projevů kolem nás.

## TORRICELLIHO POKUS S VODOU

### Trocha historie nikoho nezabije:

Ve Florencii na jaře roku 1644 provedl **Evangelista Torricelli** (\* 1608, Faenza – † 1647, Firenze) pokus se skleněnými trubicemi zatavenými na jednom konci a naplněnými rtuť. Naplněnou trubici na otevřeném konci uzavřel koncem prstu, otočil trubici zataveným koncem vzhůru a ponořil její otevřený konec, do skleněné misky plné rtuť. Zjistil, že sloupec rtuť klesl pouze zčásti a hladina se zastavila ve výšce okolo 76 cm nad hladinou rtuť v misce. Torricelli byl přesvědčen, že prostor, který vznikl klesnutím rtuť ve skleněné trubici, je tvořen pouze vakuem, a že výška sloupce rtuť je závislá na tlaku vzduchu, který tlačí na hladinu rtuť ve skleněné misce. 11. června 1644 Torricelli prohlásil, že jeho experiment implikuje dvě důležitá zjištění: „Příroda z prázdnoty nikdy hrůzu neměla.“ a „Vzduch má vlastní hmotnost.“

Protože rtuť a její páry jsou jedovaté, nahradíme ji pro naše účely vodou.

### CO BUDEME POTŘEBOVAT

- „Torricelliho trubici“ (průhlednou 11 m dlouhou plastovou hadici o průměru 8–10 mm zakončenou zatavenou skleněnou trubicí asi 70 cm dlouhou nebo vzduchotěsnou zátkou)
- zátku na uzavření trubice
- vodu
- fluorescein

### JAK NA TO

Hadici pověsíme z okna (alespoň ve výšce 11 m) uzavřeným koncem dolů a naplníme ji vodou s fluoresceinem. Plnění je časově poněkud náročnější, protože vzduchové bubliny stoupají vzhůru pomalu. Když je trubice zcela zaplněná a bez bublin, pořádně ji zazátkujeme a tento konec spustíme dolů. Druhý, při plnění spodní konec, vytáhneme vzhůru. Spodní konec hadice poté ohneme a vytáhneme zátku. Tlak vzduchu dovolí vytékat vodě jen do té doby, než se hladina vodního sloupce v hadici ustálí přibližně v desetimetrové výšce nad otvorem.

### VYSVĚTLENÍ

Voda z hadice nevytéká, protože na ni působí tlaková síla vzduchu. Vzduch, který tvoří obal Země, tlačí stejně velkým tlakem, jako desetimetrový sloupec vody. Na každý centimetr čtvereční tlačí vzduch přibližně stejně, jako kdyby na této ploše stálo kilogramové závaží. Výška vodní hladiny je při tomto pokusu o 20 cm až 30 cm nižší než odpovídá atmosférickému tlaku vzduchu. Nad hladinou sice není vakuum, ale je tam sytá vodní pára a vzduch uvolněný z vody, ve které byl rozpuštěn. To ovšem výsledek dramaticky neovlivní.

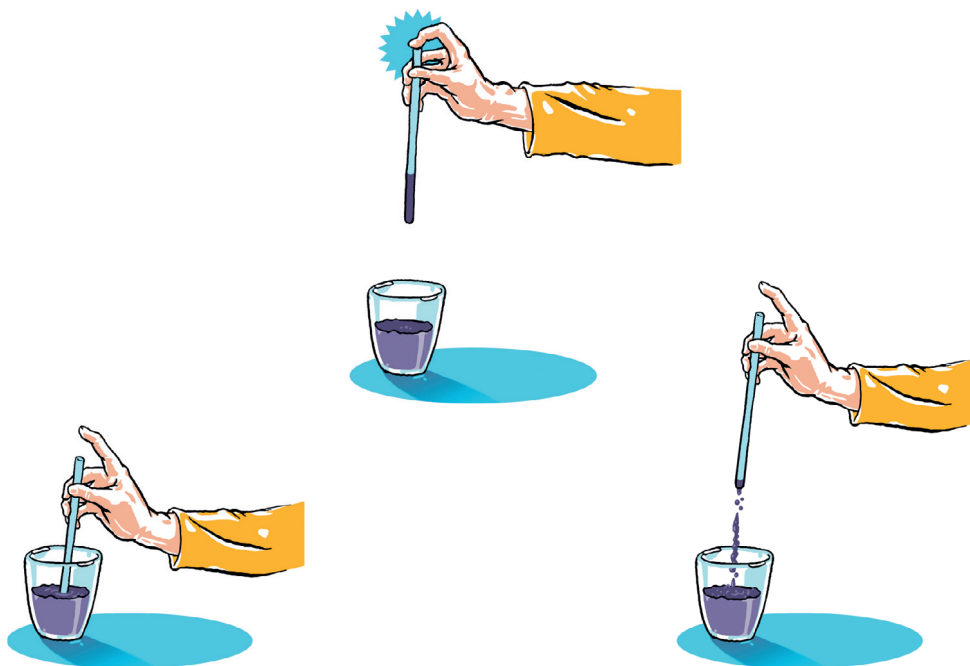
### TIPY

Pro lepší viditelnost hladiny vodního sloupce přidáme do vody fluorescein. Nikdy do Torricelliho trubice nedáváme potravinářské barvivo, protože to nám obarví i trubici a vodní hladina není pořádně vidět.

## JAK PIJEME SLÁMKOU?

### CO BUDEME POTŘEBOVAT

- sklenici
- skleněnou nebo plastovou trubičku (slámkou)
- vodu
- potravinářské barvivo





### JAK NA TO

Do sklenice nalijeme obarvenou vodu. Uchopíme trubičku a prstem uzavřeme její horní otvor. Ponoříme část trubičky do vody a pozorujeme ji. Uvolníme prst na horním okraji a sledujeme, co se bude dít. Zakryjeme horní otvor trubičky prstem a vytáhneme trubičku z vody. S trubičkou nad sklenicí uvolníme prst a opět sledujeme, co se stane.

### VYSVĚTLENÍ

Vzduch v ucpané trubičce zaujímá určitý objem, který zabraňuje vnikání okolní vody do trubičky. Jakmile uvolníme horní okraj trubičky, vzduch má kam uniknout a voda vnikne do trubičky. Atmosférický tlak působí stejně na vodu ve sklenici i na vodu v trubičce. Po naplnění trubičky vodou opět uzavřeme její horní okraj prstem a trubičku vysuneme z vody. V trubičce zůstane voda, protože tlaková síla okolního vzduchu působí na dolní okraj trubičky a vyrovná tíhu vody v trubičce. Tlak nad hladinou vody v trubičce se sníží malým poklesem vody v trubičce. Jakmile uvolníme horní okraj trubičky, tlak vzduchu na jejím horním a dolním okraji se vyrovná, tíhová síla převáží a voda vyteče ven.

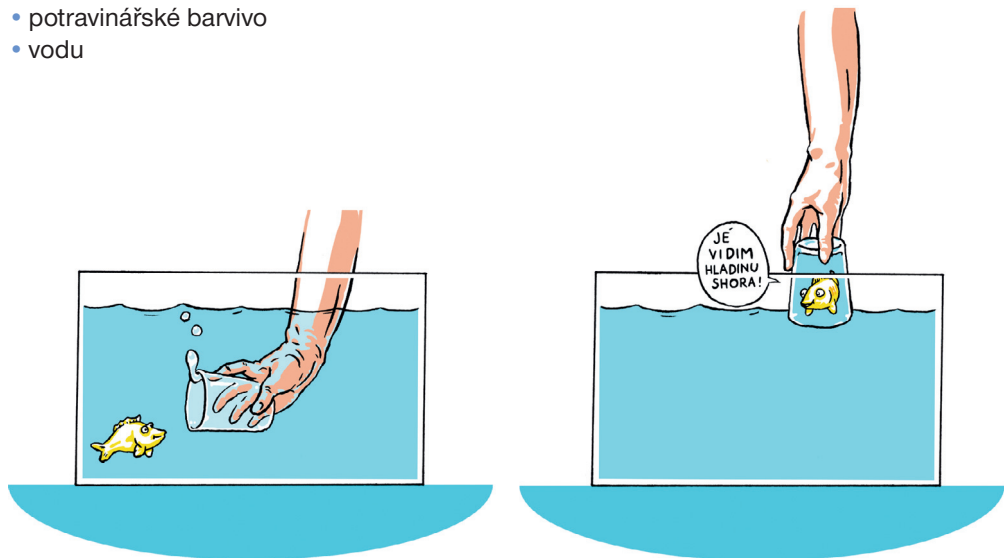
### TIPY

Je vhodné volit průhlednou slámku a obarvit vodu pro lepší viditelnost prováděného experimentu.

## VODA VE SKLENICE

### CO BUDEME POTŘEBOVAT

- akvárium
- skleničku
- potravinářské barvivo
- vodu



### JAK NA TO

Do akvária nebo jiné vhodné nádoby nalijeme vodu obarvenou potravinářským barvivem. Skleničku ponoříme celou do akvária a naplníme ji vodou. Otočíme plnou skleničku dnem vzhůru a začneme ji pomalu zvedat tak, až se skoro celá ocitá nad hladinou.

### VYSVĚTLENÍ

Voda drží ve skleničce díky atmosférickému tlaku, který působí na hladinu obarvené vody v akváriu. U dna obrácené skleničky s vodou je přítom atmosférický tlak zmenšený o tlak sloupce vody nad hladinou v akváriu.

### TIPY

Opět prospěje vodu obarvit potravinářským barvivem, aby byl průběh experimentu dobře viditelný. Místo skleničky nám postačí průhledný plastový kalíšek.

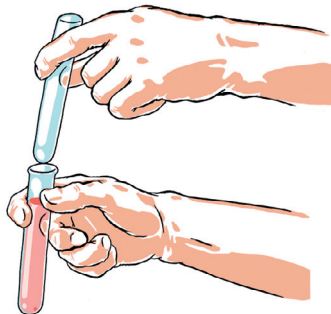
## VNIKÁNÍ ZKUMAVKY DO ZKUMAVKY

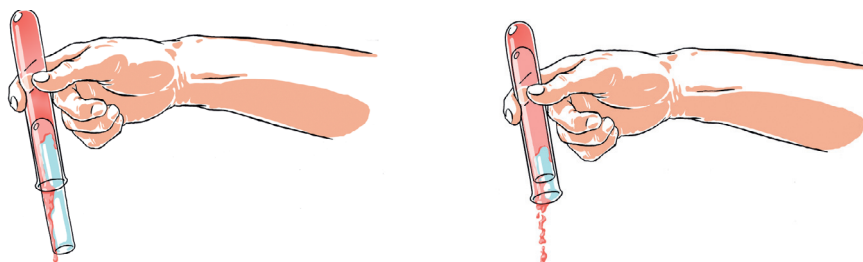
### CO BUDEME POTŘEBOVAT

- fotomisku
- dvojici zkumavek, z nichž jedna je menší a je možné ji zasunout do větší zkumavky
- kádinku
- vodu
- potravinářské barvivo

### JAK NA TO

Větší ze zkumavek naplníme vodou, zasuneme do ní částečně druhou zkumavku a obě pak rychle nad miskou obrátíme dnem vzhůru. Přitom do vnitřní zkumavky ještě trochu zatlačíme. Voda z velké zkumavky začne po stěnách té menší vytékat a vnitřní zkumavka pomalu stoupá vzhůru, dokud se její dno nezarazí o dno velké zkumavky.





### VYSVĚTLENÍ

Vnitřní zkumavku tlačí zespoda dovnitř atmosférický tlak vzduchu. Shora na ni působí stejný tlak zmenšený o tlak sloupce vody mezi bočními stěnami obou zkumavek. Rozdíl těchto tlaků pak způsobuje stoupání vnitřní zkumavky. Svoji roli sehrají i kapilární jevy u ústí velké zkumavky. Aby se pokus povedl, musí být hmotnost celé vnitřní zkumavky menší, než je hmotnost vody, kterou tato zkumavka vytlačila. Proto se také do vnitřní zkumavky musí trochu zatlačit.

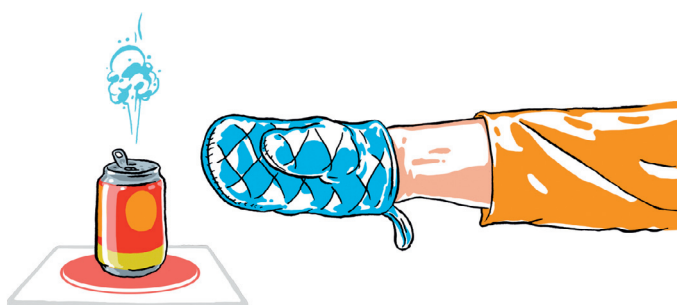
### TIPY

Neuškodí zkumavky předem vyzkoušet, rozdíl velikostí nesmí být moc velký, aby vzduchové bubliny nevnikaly mezi zkumavky. Přesvědčivosti pokusu též prospěje, seženeme-li menší zkumavku bez okraje, protože zkumavka zajede celá dovnitř. Abychom předešli ztrátám na zkumavkách, můžeme použít místo klasických skleněných zkumavek plastové.

## ROZMAČKÁNÍ PLECHOVKY TLAKEM VZDUCHU

### CO BUDEME POTŘEBOVAT

- akvárium
- plechovku od piva
- kahan (vaříč)
- chňapku (koženou rukavici)



### JAK NA TO

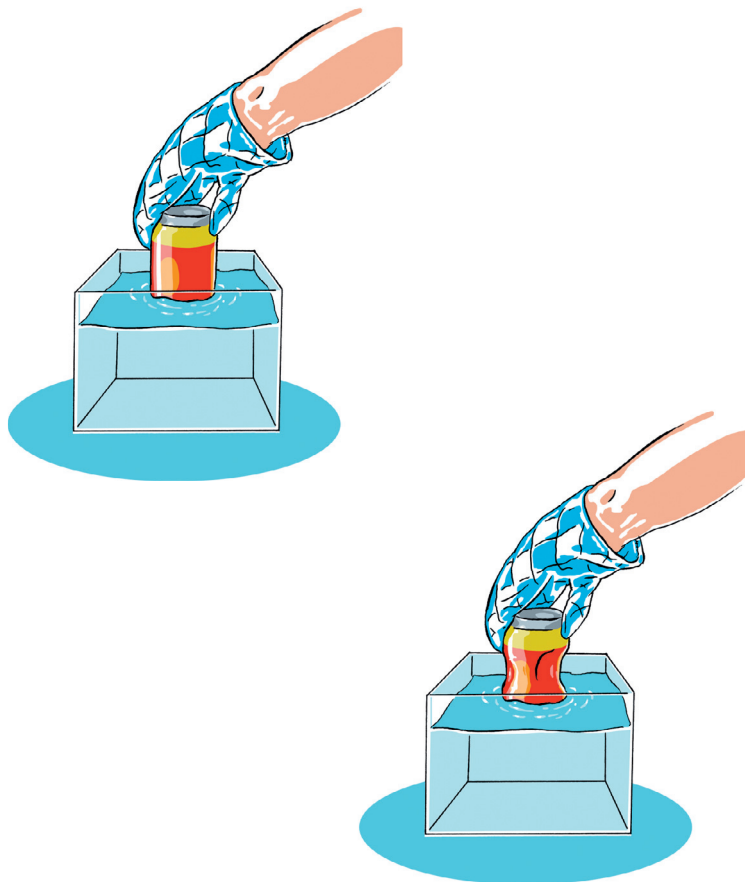
Akvárium naplníme do 3/4 vodou. Do plechovky nalijeme do výše 1 cm vodu a zahřejeme ji k prudkému varu. Necháme ji asi 1 minutu prudce vařit. Vezmeme chňapku a plechovku s vroucí vodou překllopíme dnem vzhůru do akvária s vodou. Vnější tlak vzduchu plechovku zborťí.

### VYSVĚTLENÍ

Voda v akváriu uzavře plechovku. Pára v plechovce rychle zkapalní, tím se sníží tlak v plechovce a atmosférický tlak vzduchu ji rozmačká dřív, než do ní vnikne voda.

### TIPY

Dbejte na to, aby se voda z plechovky nevyvařila, jinak se vám experiment nezdaří. U tohoto experimentu hrozí nebezpečí popálení a opaření, pracujte obezřetně.



## ZLOMENÍ PRKÉNKA

### CO BUDEME POTŘEBOVAT

- dvojlist novin
- prkénko z lísky (laťku)
- pevnou podložku (nejlépe stůl)

### JAK NA TO

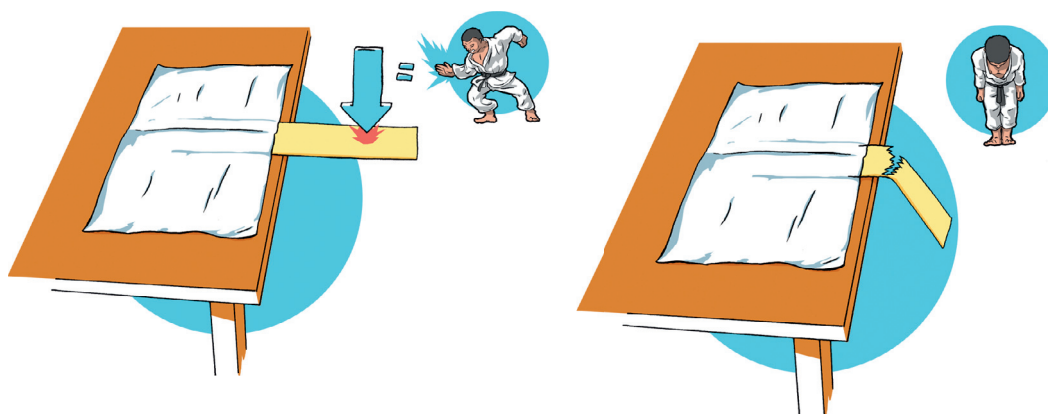
Prkénko z lísky položíme na stůl tak, aby se jedna z jeho polovin ocitla mimo desku stolu. Dvojlist novin rozložíme a položíme na desku stolu tak, aby jeho střed překrýval prkénko. Noviny jsou celou svou plochou položeny na desce stolu. Noviny nezapomeneme uhladit. Jedním **rychlým** pohybem udeříme do vyčnívající části prkénka. Prkénko se zlomí.

### VYSVĚTLENÍ

Atmosférický tlak vzduchu pod novinami i nad novinami je na začátku experimentu stejný. Úderem do prkénka se jeho druhý konec, schovaný pod novinami, snaží noviny nadzvednout. Tím pod novinami vznikne podtlak, shora na noviny tlačí sloupec vzduchu a noviny zůstanou na potřebný moment na místě. Prkénko z lísky se ocitne ve „svěráku“ mezi stolem a novinami a prudkou ranou vedenou shora se zlomí.

### TIPY

Výborně fungují dvojlisty z klasických deníků, které mají dostatečně velkou plochu. Nezapomeňte noviny pořádně uhladit. Zkuste si uspořádat soutěž, komu se povede dřív a lépe zlomit prkénko.



## BORCENÍ LÁHVE VYPOUŠTĚNÍM VODY

### CO BUDEME POTŘEBOVAT

- větší plastovou láhev (2 l)
- průchodku
- lepidlo
- alespoň 1 m plastové hadičky vhodného průměru
- nůžky
- obarvenou vodu
- nádobu na zachytávání vody

### JAK NA TO

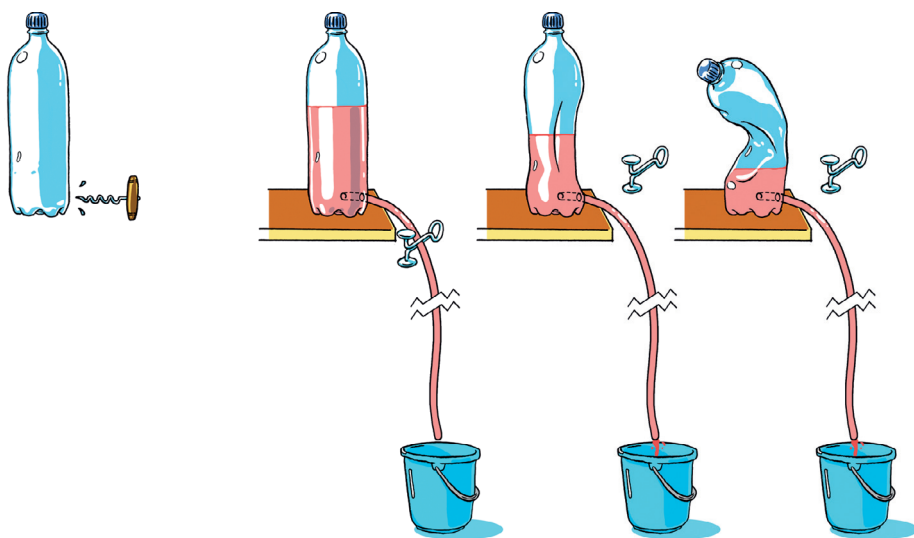
Do dvoulitrové plastové láhve vytvoříme 2 cm ode dna otvor. Do vzniklého otvoru vsuneme hadičku tak, aby zasahovala asi 1 cm do láhve a zbytek koukal ven. Hadičku utěsníme k láhvi průchodkou a lepidlem tak, aby dokonale těsnila. Plastovou láhev naplníme obarvenou vodou, uzavřeme ji a umístíme na stůl tak, aby hadička mohla viset dolů a voda mohla vytékat do připravené nádoby. Při vytékání vody se plastová láhev postupně bortí. Hadička musí být dlouhá alespoň 1 m, protože pokles tlaku na jejím horním konci je dán svislou délkou vodního sloupce. Pokud bude hadička kratší, experiment se nezdaří.

### VYSVĚTLENÍ

Tlak vody v láhvi je na začátku přibližně stejný jako atmosférický tlak vzduchu. Když obarvená voda vytéká ven z láhve, klesá tlak vzduchu v láhvi. Atmosférický tlak vzduchu je větší než tlak uvnitř plastové láhve, proto se láhev postupně bortí.

### TIPY

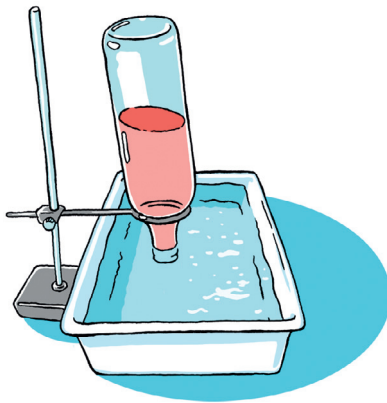
Pro lepší viditelnost experimentu je vhodné použít obarvenou vodu.



## VTÉKÁNÍ VZDUCHU DO LÁHVE S VODOU

### CO BUDEME POTŘEBOVAT

- skleněnou láhev
- hadičku alespoň 1,5 m dlouhou
- fotomisku
- vodu
- potravinářské barvivo
- stojan



### JAK NA TO

Láhev naplníme obarvenou vodou až po okraj. Fotomisku také naplníme vodou, ta už obarvená být nemusí. Hrdlo láhve (uzavřené např. víčkem nebo palcem) prostrčíme stojanem a ponoříme do fotomisky s vodou. Voda zůstane v láhvi i po otevření hrdla. Poté vsuneme do hrdla láhve hadičku, jejíž druhý konec jsme předtím stiskem uzavřeli. Povolíme stisk na konci hadičky a pozorujeme, jak přes ni vniká do láhve vzduch a láhev se postupně vyprazdňuje.

### VYSVĚTLENÍ

Na začátku pokusu zůstane voda v láhvi díky atmosférickému tlaku, který působí na hladinu vody ve fotomisce. Tlak u ústí trubičky uvnitř láhve je oproti atmosférickému menší o tlak vodního sloupce mezi hladinou v misce a tímto ústím. Proto po uvolnění stisku začne trubičkou do láhve vnikat vzduch.

### TIPY

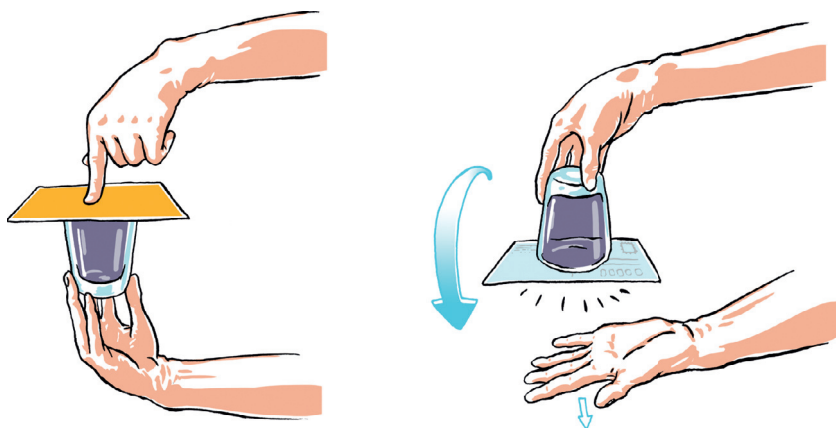
Výborně se osvědčil stojan s kruhem. Je opět velice vhodné obarvit vodu potravinářským barvivem pro lepší viditelnost experimentu.

## SKLENIČKA A POHLEDNICE

### Varianta 1

#### CO BUDEME POTŘEBOVAT

- skleničku
- pohlednici
- vodu
- potravinářské barvivo
- fottomisku



#### JAK NA TO

Vodu obarvíme potravinářským barvivem. Skleničku naplníme po okraj obarvenou vodou. Pohlednici překryjeme skleničku a při jejím stálém přidržování ji otočíme dnem vzhůru. Pomalu přestaneme pohlednici přidržovat. Voda nevyteče a pohlednice na sklenici drží i když ji přestaneme přidržovat.

#### VYSVĚTLENÍ

U dna obrácené skleničky s vodou je atmosférický tlak zmenšený o tlak sloupce vody ve skleničce. Při sebemenší snaze o odtržení pohlednice (a tedy snaze o zvětšení objemu vody ve skleničce) dojde k poklesu tlaku vody v celém objemu skleničky. Tím se zmenší i tlaková síla, kterou působí voda ve skleničce na pohlednici. Okolní atmosférický tlak (a tedy i tlaková síla zvenku) se nemění. Když chce pohlednice „odpadnout“, přidrží ji rozdíl těchto tlaků. Svou roli hraje také povrchové napětí vody, které brání vniknutí vzduchu mezerou mezi pohlednicí a okrajem skleničky.

#### TIPY

Až budete skleničku opět otáčet dnem dolů, nepřidržíte pohlednici. Zjistíte, že pohlednice na sklenici stále drží. Pokus lze provést i s tenkou skleněnou destičkou. (Pozor na poranění!) Pohlednici snadno sundáme tahem za její okraj.

Můžeme vyzkoušet i jiné varianty.

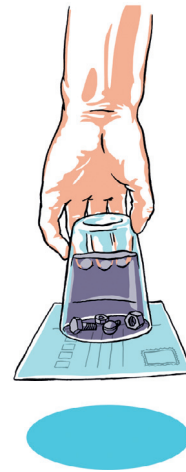


**Varianta 2****CO BUDEME POTŘEBOVAT**

- skleničku
- mince
- šroubky či jiné drobné předměty
- pohlednici
- vodu
- fotomisku

**JAK NA TO**

Naplníme skleničku do poloviny vodou, vložíme do ní pár mincí (šroubků či jiných předmětů). Pohlednici překryjeme skleničku a při jejím stálém přidržování ji otočíme dnem vzhůru. Pohlednice drží na sklenici a voda nevyteče.

**VYSVĚTLENÍ**

Tlak vzduchu nad hladinou vody v obrácené skleničce je roven atmosférickému tlaku zmenšenému o tlak sloupce vody ve skleničce. Při sebemenší snaze o odtržení pohlednice (a tedy snaze o zvětšení objemu vzduchu ve skleničce) dojde k poklesu tlaku vzduchu a vody v celém objemu skleničky. Tím se zmenší i tlaková síla, kterou působí voda ve skleničce na pohlednici. Okolní atmosférický tlak (a tedy i tlaková síla zvenku) se nemění. Když chce pohlednice „odpadnout“ (například i v důsledku zatížení předměty ve skleničce), přidrží ji rozdíl těchto tlaků. Svou roli hraje také povrchové napětí vody, které brání vniknutí vzduchu mezerou mezi pohlednicí a okrajem skleničky. Pokud předměty prohnou prostředek pohlednice směrem ven, rozdíl tlaků způsobí přitlačení pohledu k okrajům skleničky.

**TIPY**

Zkuste si uspořádat soutěž, komu se podaří umístit do skleničky větší zátěž.

**Varianta 3****CO BUDEME POTŘEBOVAT**

- skleničku o objemu asi 0,5 dl
- plastové kolečko nebo polovinu pohlednice
- lepidlo
- provázek
- vodu
- potravinářské barvivo

**PŘÍPRAVA**

Na střed plastového kolečka přilepíme lepidlem provázek dlouhý asi 20 cm a na jeho konci uděláme očko.



### JAK NA TO

Skleničku naplníme až po okraj vodou a přitiskneme na ni plastové kolečko s provázkem. Převrátíme-li skleničku vzhůru nohama, plastové kolečko bude držet. Otočíme skleničku zpět, vezmeme do ruky provázek a skleničku pomalu pustíme. Sklenička bude „viset na kolečku“, které jsme přilepili k provázku.

### VYSVĚTLENÍ

Vysvětlení začátku tohoto pokusu je podobné jako v předchozích případech. Při obrácené skleničce přidržuje kolečko rozdíl tlaků z obou jeho stran. Když obrátíme skleničku zpět, zůstane mezi ní a kolečkem blanka povrchového napětí vody, která brání vniknutí vzduchu pod kolečko. Zatažení za prostředek kolečka směrem ven má za příčinu pokles tlaku vody ve skleničce (snažíme se zvětšit její objem). Okolní atmosférický tlak se nemění. Když chce sklenička „odpadnout“, přidrží ji rozdíl těchto tlaků.

### TIPY

Pokud nechce sklenička držet, zkuste mezi plastové kolečko a skleničku plnou vody dát jednu vrstvu papírového kapesníku, ubrousku nebo toaletního papíru, vyrovnají se tak případné nerovnosti na hraně skleničky. Vhodné je také použít „lehkou“ skleničku.

## KOUZELNÁ SKLENIČKA

### CO BUDEME POTŘEBOVAT

- skleničku se sítkou
- pohlednici
- vodu
- potravinářské barvivo
- fotomisku

### PŘÍPRAVA

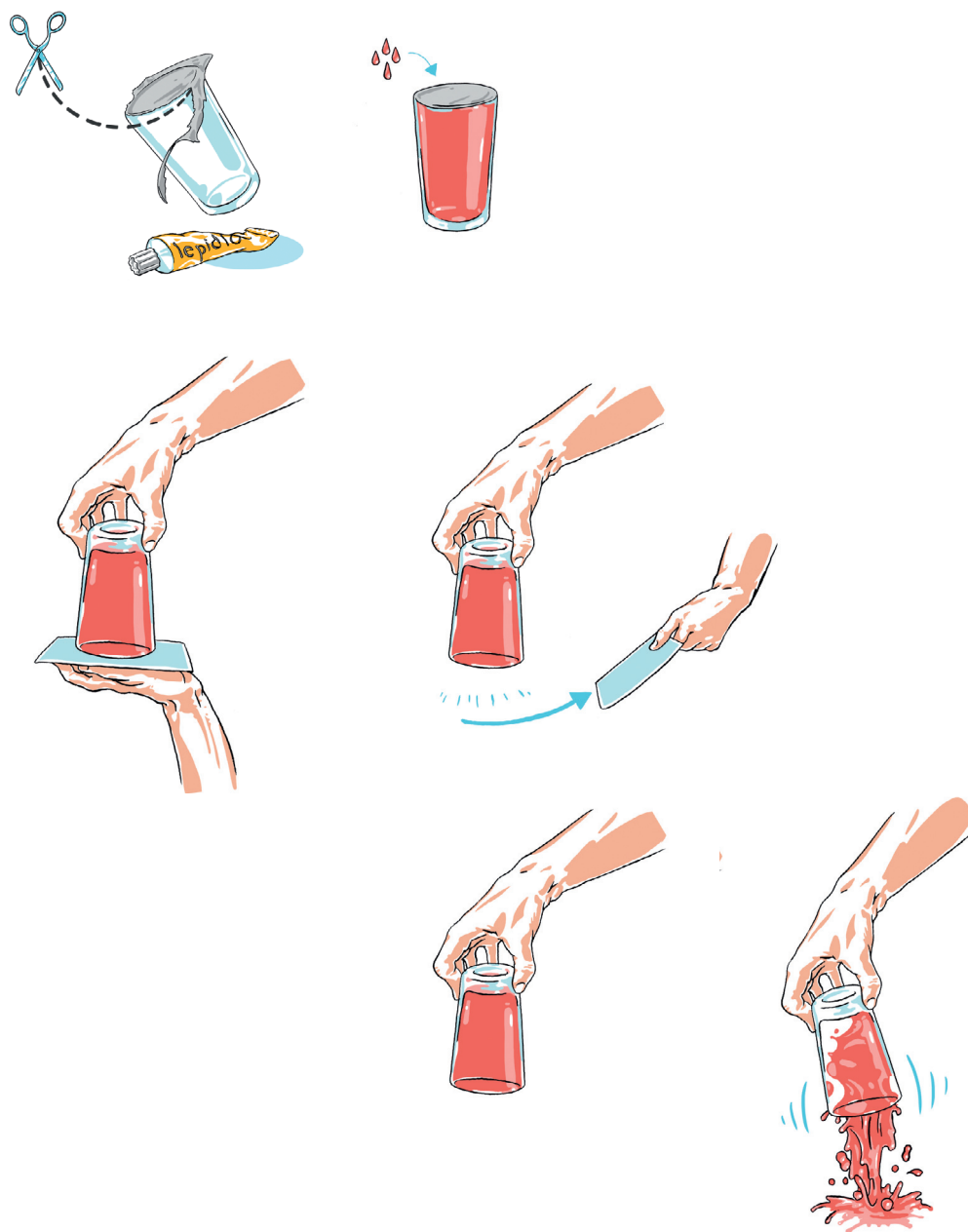
Pro výrobu skleničky se sítkou potřebujeme vhodnou skleničku (měla by mít rovný a hladký okraj a objem kolem 3 dl). Na okraj skleničky nalepíme kvalitním lepidlem (chemoprén, alkaprén) bílou vypnutou sítku (kousek staré záclony nebo kousek punčochy). Měli bychom si dát zaležet, aby sítko byla co nejméně vidět. Okraje začistíme tak, aby byly zcela hladké.

### JAK NA TO

Do sklenice se sítkou nalijeme až po okraj vodu. Pohlednicí překryjeme skleničku a při jejím stálém přidržování ji otočíme dnem vzhůru. Pomalu přestaneme pohlednici přidržovat. Pohlednice drží na skleničce a voda nevyteče. Opatrně stáhneme pohlednici, voda přesto nevyteče. Stačí však skleničku pouze naklonit nebo skleničkou zatřást a voda vyteče.

**VYSVĚTLENÍ**

Vysvětlení tohoto pokusu je podobné jako v předchozích případech. Po odebrání pohlednice zastanou její úlohu blanky povrchového napětí na jednotlivých očkách sítky.



# PASCALŮV ZÁKON

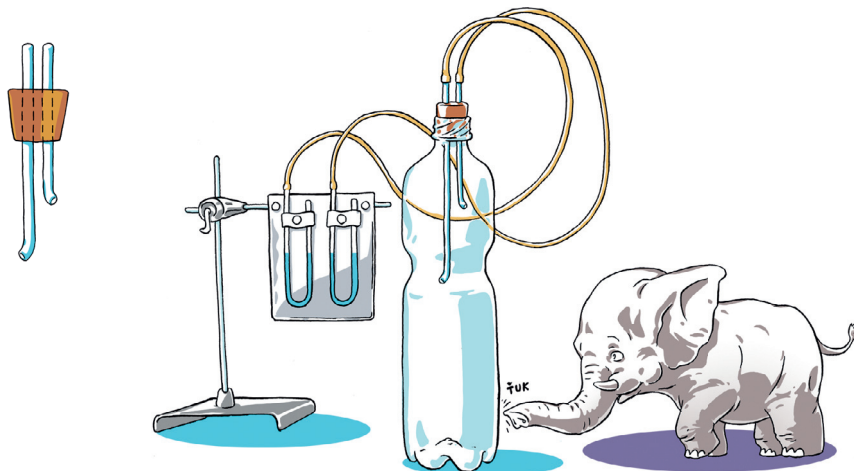
Pascalův zákon pro plyny bychom mohli shrnout takto: Plyn netlačí jen shora dolů, ale i do stran a zdola nahoru podobně jako voda.

Pravdivost tohoto zákona si můžeme demonstrovat níže uvedenými experimenty.

## DEMONSTRACE PASCALOVA ZÁKONA

### CO BUDEME POTŘEBOVAT

- dva kapalinové manometry
- plastovou láhev
- gumovou zátku s otvory na skleněné trubičky
- skleněné trubičky (každou jinak dlouhou a na konci jinak ohnutou)
- stojánek
- dvě plastové hadičky dlouhé asi 50 cm

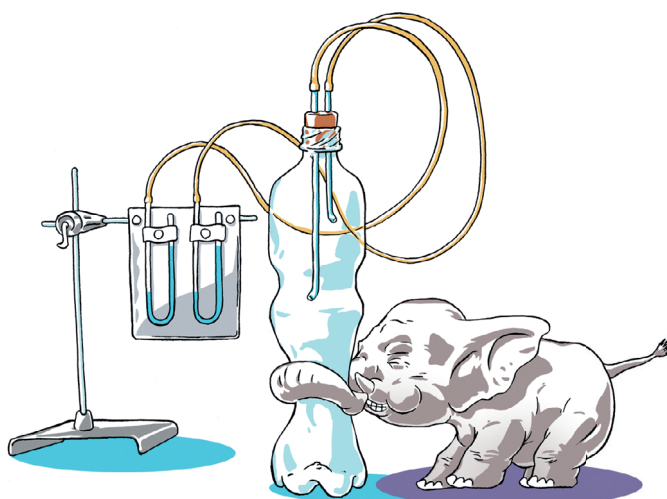


### JAK NA TO

Do gumové zátky zasuneme skleněné trubičky tak, aby po zasunutí zátky do hrdla láhve směřovaly ohnuté konce trubiček dovnitř láhve. Nad zátkou necháme vyčnívat asi 4 cm skleněných trubiček. Zamáčkneme zátku do hrdla plastové láhve. Na konce trubiček nad zátkou připojíme plastové hadičky, jejichž druhé konce připojíme ke kapalinovým manometrům. Jemně zmáčkneme plastovou láhev a pozorujeme kapalinu v trubicích manometrů, jak stoupá do stejné výše.

### VYSVĚTLENÍ

Na manometrech pozorujeme, že tlak uvnitř láhve po jejím stisknutí je větší než atmosférický tlak. Rozdíl výšek hladin je v obou manometrech stejný, což dokazuje, že změna tlaku vzduchu uvnitř láhve, která byla vyvolána vnější silou (stlačením láhve), je ve všech směrech a místech stejná.



## ZVEDÁNÍ KNIH

### CO BUDEME POTŘEBOVAT

- dětský celofánový balónek
- brčko
- hromádku knih
- izolepu

### JAK NA TO

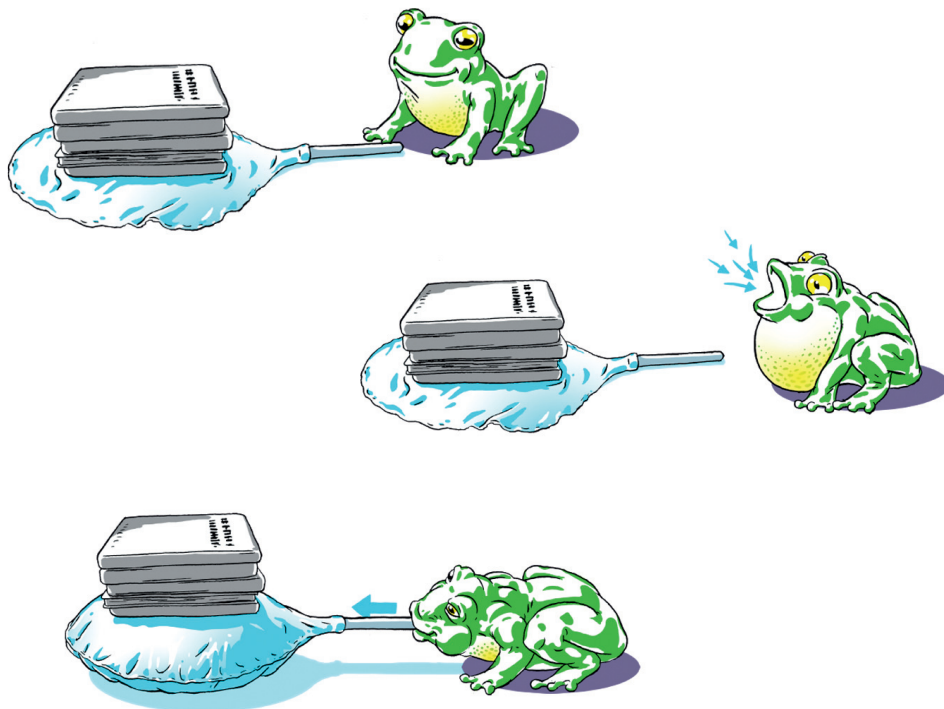
Do ústí dětského celofánového balónku zasuneme brčko a přichytíme jej izolepou. Na balónek položíme hromádku knih. Balónek začneme pomalu nafukovat ústy. Knihy se pomalu začnou zvedat.

### VYSVĚTLENÍ

Tlak uvnitř balónku se šíří všemi směry stejně, proto zvedá celý stoh knih. Tlak vzduchu uvnitř balónku je ve všech místech stejný.

### TIPY

Pokud seženete pevnější nafukovací kruh, který překryjete vhodnou deskou, můžete zvedat i osoby a ne jen knihy. Naše plíce dokážou vyvinout dostatečný tlak.



# SOUPEŘENÍ PLYNŮ

Již název kapitoly mluví sám za sebe. Naleznete zde experimenty založené na rozdílných tlacích a silách, které tyto tlaky vyvolávají.



## JAK DOSTAT BALÓNEK DO LÁHVE

### Varianta 1

#### CO BUDEME POTŘEBOVAT

- balónek
- pevnější plastovou láhev s vývodem
- gumičku
- plastovou hadičku 1,5 m dlouhou
- tlačku (na uzavření hadičky)
- lepidlo

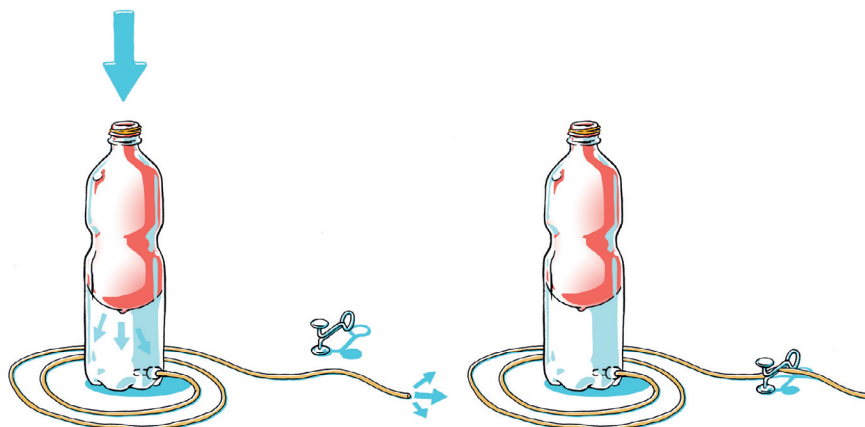


#### PŘÍPRAVA

Ve dvoulitrové plastové láhvi vytvoříme 2 cm ode dna otvor. Do vzniklého otvoru vsuneme hadičku tak, aby zasahovala asi 1 cm do láhve a zbytek čněl ven. Hadičku utěsníme k láhvi průchočkou a lepidlem tak, aby dokonale těsnila.

#### JAK NA TO

Gumový balónek umístíme dovnitř láhve. Jeho okraj přetáhneme přes hrdlo láhve, kde jej zajistíme gumičkou. Na konec plastové hadičky nasadíme uvolněnou tlačku a přiložením úst na hrdlo plastové láhve nafoukneme balónek. Po nafouknutí



balónek uzavřeme tlačku. Po oddálení úst od hrdla láhve zůstane balónek téměř stejně nafouklý, i když je shora otevřen. Jakmile uvolníme tlačku na plastové hadičce, balónek se vyfoukne.

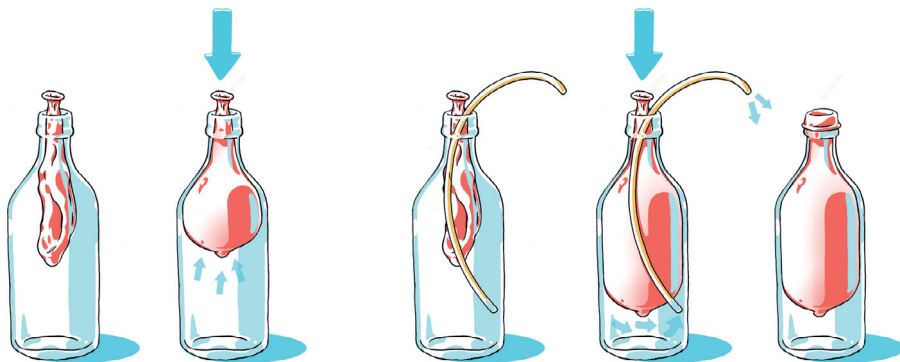
### VYSVĚTLENÍ

Jakmile přestaneme balónek nafukovat a oddálíme ústa, balónek se (při uzavřené tlačce) neznatelně smrští a mezi jeho vnějším povrchem a stěnami láhve dojde ke slabému zředění vzduchu a snížení jeho tlaku na stěny balónku. Tlak uvnitř balónku je roven součtu tlaku vzduchu uvnitř láhve a tlaku způsobeného roztaženou stěnou balónku. Součet tlaků je roven atmosférickému tlaku. Balónek si proto zachová nafouklý tvar, i když není shora uzavřen.

### Varianta 2

#### CO BUDEME POTŘEBOVAT

- skleněnou láhev
- pouťový balónek
- pevnější brčko (plastovou hadičku)



### JAK NA TO

Do láhve vložíme pouťový balónek tak, aby náustek vyčníval z láhve, a zkusíme ho nafouknout. Pouťový balónek se nám nafouknout podaří jen nepatrně. Poté přidáme k pouťovému balónku do hrdla brčko a zkusíme balónek opět nafouknout. Teď už se nám podaří balónek nafouknout mnohem více. Jakmile nafoukneme balónek, vytáhneme brčko a přetáhneme ústí balonku přes hrdlo láhve. Balónek zůstane nafouknutý uvnitř láhve, i když je shora otevřený.

### VYSVĚTLENÍ

Při nafukování balónku vloženého do láhve dojde brzy k utěsnění hrdla láhve. Vzduch z láhve pak nemůže unikat ven. Balónek se nám tedy nejdříve podaří na-



fouknout jen nepatrně. Jakmile přidáme k pouťovému balónek brčko, vzduch z láhve jím může unikat a balónek nafoukneme více. Po vytažení brčka a přetažení ústí balónku přes hrdlo láhve se balónek neznatelně smrští. Mezi jeho vnějším povrchem a stěnami láhve došlo ke zředění vzduchu a tím snížení jeho tlaku na stěny balónku. Součet tlaku vzduchu uvnitř láhve a tlaku, který vyvolá roztažená stěna balónku je roven tlaku vzduchu uvnitř balónku. Součet tlaků je roven atmosférickému tlaku. Balónek si tak zachová nafouklý tvar.

### Varianta 3

#### CO BUDEME POTŘEBOVAT

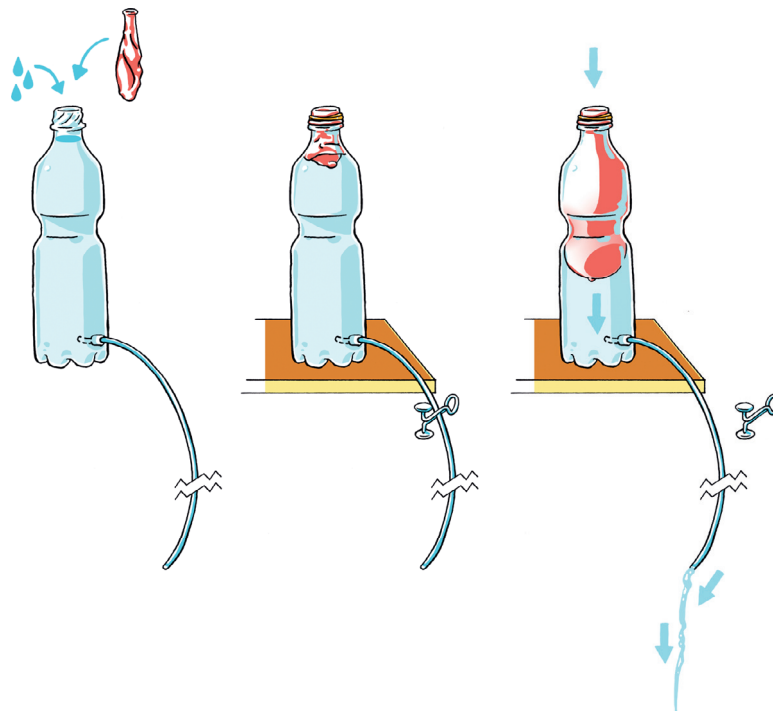
- balónek
- pevnější plastovou láhev o objemu 2 l
- tlačku
- hadičku 1,5 m dlouhou
- lepidlo
- gumičky

#### PŘÍPRAVA

Ve dvoulitrové plastové láhvi vytvoříme 2 cm ode dna otvor. Do vzniklého otvoru vsuneme hadičku tak, aby zasahovala asi 1 cm do láhve a zbytek čněl ven. Hadičku utěsníme k láhvi průchodkou a lepidlem tak, aby dokonale těsnila.

#### JAK NA TO

Hadičku na konci uzavřeme tlačkou. Plastovou láhev naplníme vodou a do jejího hrdla vsuneme větší pouťový balónek. Gumičkou jej přichytíme k hrdlu. Láhev zvedneme tak, aby hadička visela volně dolů. Tlačku uvolníme a z hadičky necháme



volně vytékat vodu. Balónek se začne rozpínat dovnitř láhve. Odtok vody zastavíme opětovným nasazením tlačky. Balónek zůstane nafouklý bez ohledu na to, že je shora otevřen.

### VYSVĚTLENÍ

Na začátku pokusu je tlak na obou stranách balónku stejný. Vypouštěním vody klesá uvnitř láhve tlak a na vnitřek balónku působí atmosférický tlak. Součet tlaku vody v láhvi (který je díky vodnímu sloupci v hadičce menší než okolní atmosférický tlak) a tlaku způsobeného roztaženou stěnou balónku je roven atmosférickému tlaku vzduchu, který působí na jeho vnitřní část. Balónek si proto opět zachová nafouklý tvar.

## SÍLA VZDUCHU

### CO BUDEME POTŘEBOVAT

- širší zavařovací sklenici nebo kádinku
- přiměřeně veliký igelitový sáček (nesmí být děravý)
- dostatečně velkou a silnou gumičku



### JAK NA TO

Do širší sklenice vložíme sáček tak, aby mezi ním a sklenicí zůstalo co nejméně vzduchu. Okraj sáčku ohrneme přes okraj sklenice a zajistíme gumičkou tak, aby nemohl vnikat vzduch mezi sáček a sklenici. Uchopením za jeho střed se pokusíme sáček vyjmout, což se nám nepovede. Společně se sáčkem zvedneme i sklenici.

### VYSVĚTLENÍ

Sáček nelze ze sklenice vyndat, protože při vytahování dochází mezi ním a stěnami sklenice ke zředění vzduchu a tím ke vzniku podtlaku.

### TIPY

Je vhodné použít sáčky na mražení potravin, protože jsou silnější, tudíž není tak snadné je protrhnout.

## NAFUKOVÁNÍ A VYFUKOVÁNÍ ZAVÁZANÉHO BALÓNKU

### CO BUDEME POTŘEBOVAT

- PET láhev s uzávěrem s vlepeným automobilovým ventilkem
- plastovou hadičku
- šňůrku
- automobilovou hustilku

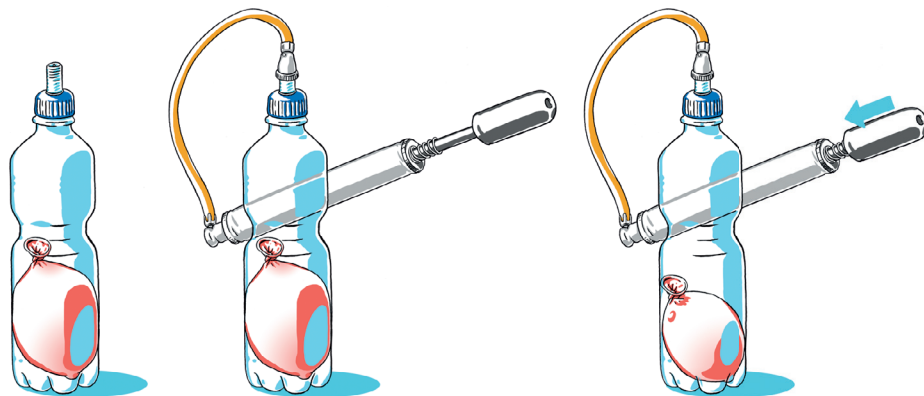
### JAK NA TO

Do láhve zasuneme navlhčenou hadičku a tělo pouťového balónku. Ústím balónku, které zůstane venku u hrdla, jej nafoukneme. Hadičku vytáhneme a balónek zavážeme. Pak ho zatlačíme do láhve, kterou uzavřeme našroubováním uzávěru s ventilkem. Když hustilkou vháníme do láhve vzduch, objem balónku se zmenšuje. Jestliže tlakem na uzávěr ventilků vypustíme z láhve stlačený vzduch, balónek se zpět nafoukne. Opětovným huštěním vzduchu se zase objem balónku zmenšuje.

### VYSVĚTLENÍ

Tlak uvnitř balónku je roven součtu tlaku vzduchu v láhvi a tlaku způsobeného roztahenou stěnou balónku. Jakmile zvětšíme tlak uvnitř láhve, zvýší se i tlak uvnitř balónku a tím se zmenší jeho objem. Po upuštění stlačeného vzduchu balónek opět zvětší svůj objem.

Experiment simuluje jev, který může nastat při potápění. Objem tělesných dutin vyplněných vzduchem (plíce, střední ucho) se zmenší až na polovinu už v hloubce 10 metrů pod vodou a na čtvrtinu ve 30 metrech pod vodní hladinou.



# ARCHIMÉDŮV ZÁKON PRO PLYNY

V době, kdy žil Archimédes, se zákony nevyjadřovaly vzorci, ale slovně. Nejznámější znění Archimédova zákona je: „**Těleso ponořené do kapaliny je nadlehčováno silou, jejíž velikost je rovna tíze kapaliny tělesem vytlačené.**“ Tato tzv. vztlaková síla je tím větší, čím je větší objem ponořené části tělesa a čím je větší hustota kapaliny, do které je těleso ponořeno.

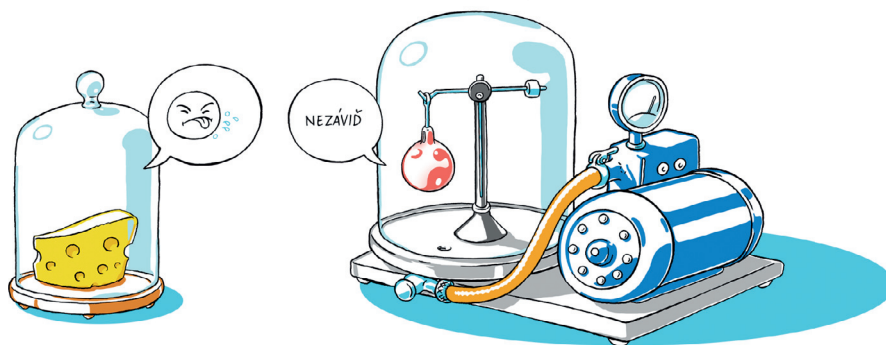
Archimédův zákon můžeme vztáhnout i na plyny. Představíme-li si, že žijeme na dně vzdušného moře, pak můžeme Archimédův zákon vyjádřit takto: „**Vztlaková síla působící na těleso v atmosféře je stejně velká, jako je tíha vzduchu o stejném objemu, jako má těleso.**“

Archimédův zákon neplatí pouze pro vzduch, ale platí pro všechny plyny.

## DASYMETR VE VÝVĚVĚ

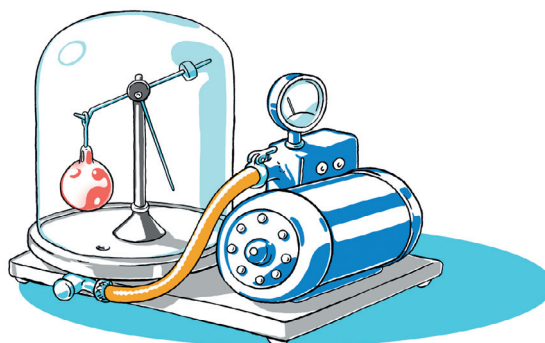
### CO BUDEME POTŘEBOVAT

- rotační vývěvu s recipientem a příslušenstvím
- dasymetr



### JAK NA TO

Dasymetr (vážky, které mají na jedné straně dutou skleněnou kouli a na druhé posuvné závaží) vložíme na talíř vývěvy a posuvným závažím vyrovnáme tak, aby byl v rovnováze. Přiklopíme jej recipientem a dbáme na to, aby se jej nedotýkal. Zapneme vývěvu a sledujeme, jak se s klesajícím tlakem narušuje rovnováha na dasymetru. Skleněná koule klesá. Vypneme vývěvu a pomalu otevřeme ventil, kterým pod recipientem opět obnovíme atmosférický tlak. Rovnováha se obnoví.



### VYSVĚTLENÍ

Na skleněnou kouli a závaží působí tíhová síla i vztlačová síla vzduchu. Tím, že jsme pod recipientem odčerpali vzduch, klesla hustota vzduchu a tím i vztlačová síla působící na skleněnou kouli i závaží. Díky většímu objemu koule je změna vztlačové síly na ni větší než v případě závaží, a proto klesne. Po vypnutí vývěvy obnovíme atmosférický tlak pod recipientem, zvýšíme hustotu vzduchu a tím i vztlačovou sílu na původní velikost. Rovnováha na dasymetru se opět obnoví.

## NADLEHČENÍ BALÓNKU NA PÁCE A VYPUŠTĚNÍ $\text{CO}_2$

### CO BUDEME POTŘEBOVAT

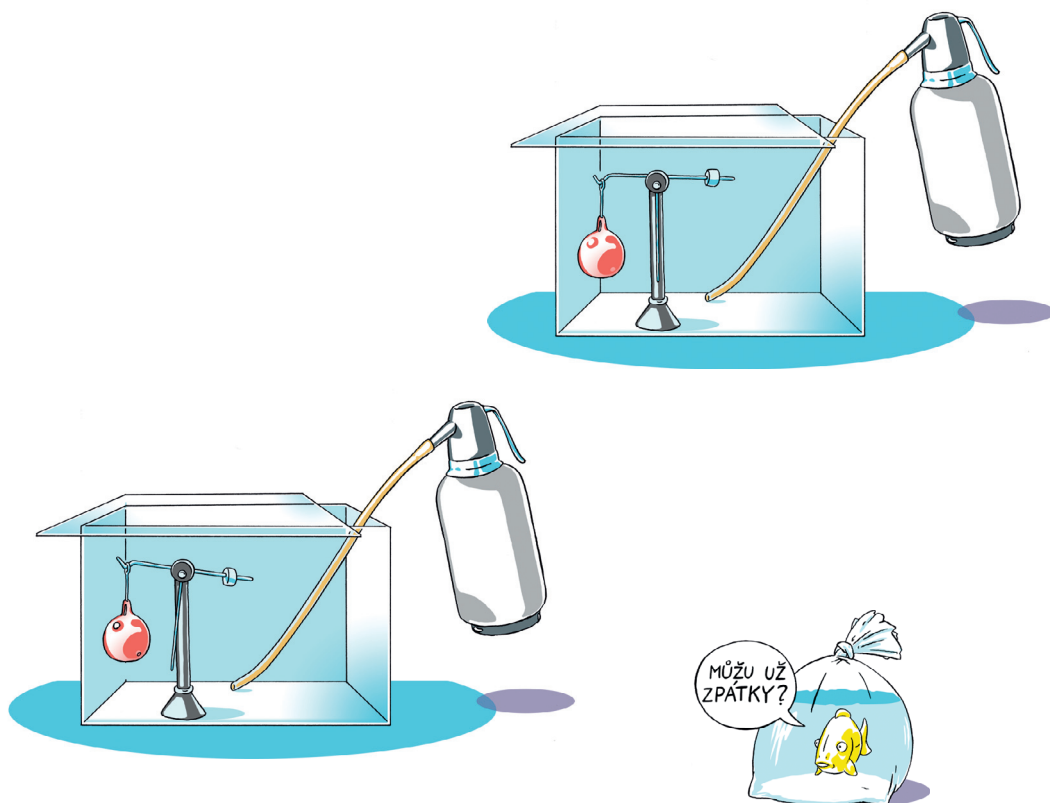
- dasymetr
- akvárium
- skleněnou desku na přikrytí akvária
- sifonovou láhev
- 30 cm dlouhou gumovou hadičku o vhodném průměru (musí jít nasadit na vypouštěcí trubičku sifonové láhve)
- 3–4 sifonové bombičky

### JAK NA TO

Na dno akvária umístíme vyvážený dasymetr. Do suché a prázdné láhve na přípravu sodovky vypustíme 3–4 sifonové bombičky obsahující oxid uhličitý. Na vypouštěcí trubičku sifonové láhve nasadíme gumovou hadičku, jejíž konec umístíme na dno akvária. Akvárium částečně zakryjeme skleněnou deskou. Pomalu jej začneme napouštět oxidem uhličitým z láhve. Sledujeme, jak dochází k narušení rovnováhy na dasymetru. Dutá skleněná koule se v tomto případě vychýlí vzhůru. Poté odklopíme skleněnou desku z akvária a lehce do něj foukneme. Pozorujeme, jak se pomalu obnoví rovnováha na dasymetru.

**VYSVĚTLENÍ**

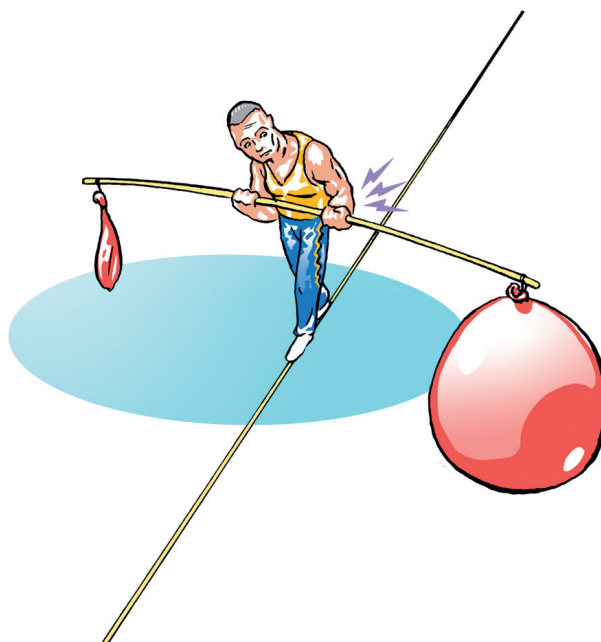
Oxid uhličitý má větší hustotu než vzduch a proto se jeho napuštěním zvětšila hustota plynu uvnitř akvária. Této změně hustoty odpovídá zvětšení vztlakové síly působící na skleněnou kouli i závaží dasymetru. Díky většímu objemu koule je změna vztlakové síly na ni větší než v případě závaží, a proto stoupne. Po odklopení skleněné desky a opakovaném lehkém foukání do akvária se oxid uhličitý mísí se vzduchem. Dochází k postupnému snižování hustoty směsi plynů uvnitř akvária. Rovnováha na dasymetru se postupně opět obnoví.



Experimenty popsané v této knížce rozhodně nepokrývají všechno, co s plyny souvisí, a jsou jen stručným výběrem z těch nejjednodušších. Na internetu nebo v dalších publikacích najdete mnohé jiné a možná i zajímavější. Přesto věřím, že jste si některé z uvedených vyzkoušeli a že se řada z vás, čtenářů této knížečky, inspirovala k provádění dalších experimentů.

Ráda bych na tomto místě ještě poděkovala doc. RNDr. Milanu Rojkovi, CSc., jehož přístup k výuce fyziky je pro mě velmi inspirativní.

Autorka



## POZNÁMKY

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



Materiál je součástí vzdělávacího programu ČEZ, a. s., Svět energie

Publikace vznikla ve spolupráci s KDF MFF UK Praha

Odpovědný redaktor: RNDr. Peter Žilavý, Ph.D.

Nabídku vzdělávacího programu naleznete na [www.cez.cz/vzdelavaciprogram](http://www.cez.cz/vzdelavaciprogram)

2012 © ČEZ, a. s., sekce komunikace

Duhová 2/1444, 140 53 Praha 4, tel.: 211 042 681