

### 3.1.11 Archimédův zákon I

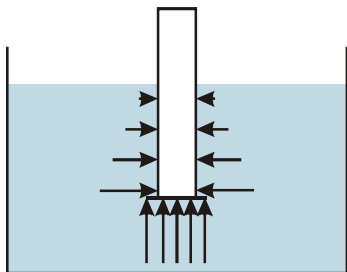
**Předpoklady:** 030110

**Pomůcky:** pingpongový míček, měděná kulička, skleněný válec s víčkem od skleničky, vajíčko, sůl, tři kádinky, barvy na duhu, průhledná brčka

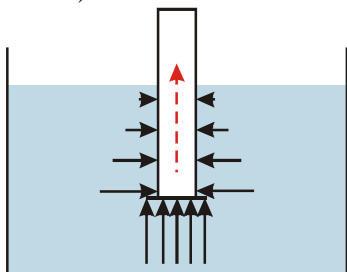
**Př. 1:** Do vody ponoř dutý válec se plechovým víčkem na konci. Proč víčko neupadne? Nakresli do obrázku tlak, kterým voda v různých místech působí na válec i na víčko. Jakou výslednou silou působí voda na víčko? Jakou výslednou silou působí na válec s víčkem dohromady.

Na víčko působí zespoda směrem nahoru tlak vody, který ho přitlačuje k válci a brání tomu, aby upadlo.

Na všech místech tlačí voda kolmo k destičce nebo válci.



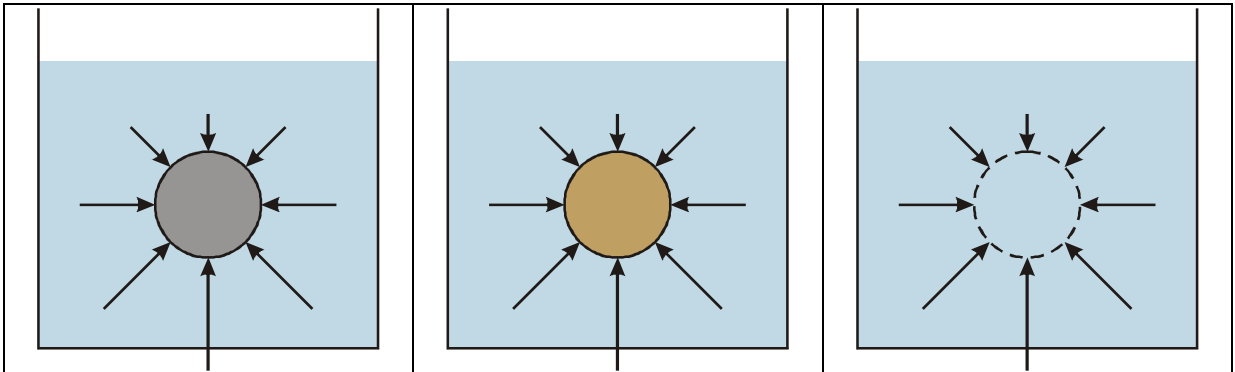
Výsledná síla vody vytlačuje válec z vody ven (je cítit, jak je při zanořování válec "čím dál lehčí").



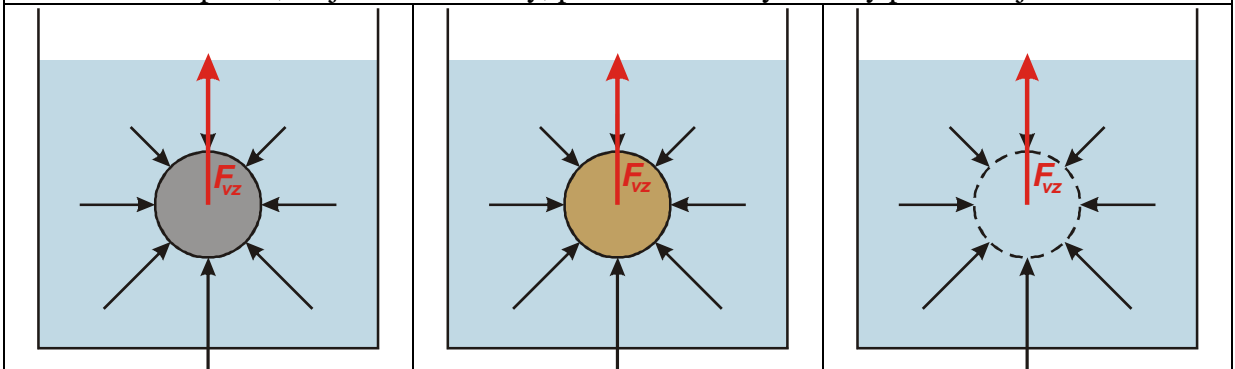
**Př. 2:** Ve vodě je zcela ponořen pingpongový míček a měděná kulička o stejné velikosti. Nakresli vedle sebe tři obrázky: míček ve vodě, měděná kulička ve vodě a myšlená kulička z vody o stejné velikosti ve vodě. Pro každou kuličku postupně nakresli:

- Jak na každou z kuliček působí voda.
- Jaká je výslednice působení vody na kuličku.
- Jaké další síly na kuličku působí.
- Jak se kuličky budou pohybovat.

pingpongový míček	měděná kulička	"kulička z vody"
-------------------	----------------	------------------

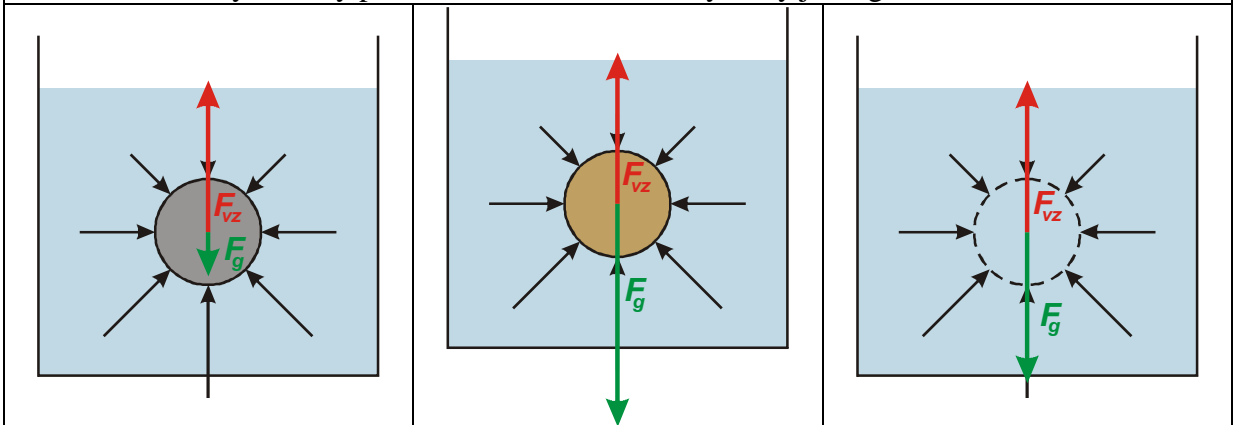


V každém místě kuličky voda působí kolmo na její povrch (voda tlačí ze všech stran). Voda nepozná, co je uvnitř kuličky, proto na všechny kuličky působí stejně.



Výsledná síla vody (vztlaková síla  $F_{vz}$ ) působí na kuličky směrem nahoru (tlak ve větší hloubce, kde je spodní část kuličky je větší). Je u všech kuliček stejná.

Na všechny kuličky působí kromě vztlakové síly vody ještě gravitační síla Země.



Pingpongový míček je lehký  
 $\Rightarrow$  gravitační síla je menší než vztlaková síla vody  $\Rightarrow$  míček stoupá k hladině.

Měděná kulička je těžká  $\Rightarrow$  gravitační síla je větší než vztlaková síla vody  $\Rightarrow$  kulička klesá ke dnu.

„Kulička z vody“ nestoupá ani neklesá  $\Rightarrow$  výsledná působící síla je nulová  $\Rightarrow$  gravitační síla na „kuličku z vody“ je stejně velká jako vztlaková síla vody.

**Př. 3:** Co jsme se o nadlehčování předmětů vodou (o vztlakové síle vody  $F_{vz}$ ) dozvěděli v předchozím příkladu?

Ponořené předměty voda nadlehčuje vztlakovou silou. Tato síla má takovou velikost, aby vyrovnala gravitační sílu, kterou by Země přitahovala vodu, která by zaplnila místo obsazené ponořeným předmětem.

**Ponořené předměty voda nadlehčuje vztlakovou silou. Tato síla má takovou velikost, která by vyrovnala gravitační sílu, kterou by Země přitahovala vodu, která by zaplnila místo obsazené ponořeným předmětem.**

Místo (díru), kterou ve vodě obsadí ponořená část předmětu, budeme označovat jako Archimédovo těleso.

O tom, zda předmět plave ve vodě, nerozhoduje velikost vztlakové síly vody, ale výsledek souboje mezi vztlakovou a gravitační silou.

**Př. 4:** Máme dvě kádinky: v jedné je normální sladká voda, v druhé voda slaná. Do které z nich máme dát vařené vajíčko, aby plavalo? Do které máme dát vajíčko, aby kleslo ke dnu? Vysvětli své rozhodnutí. Je možné zařídit, aby se vajíčko zůstalo vznášet uprostřed kádinky?

Řešení známe už z primy.

Vajíčko bude plavat ve slané vodě. Slaná voda má větší hustotu než sladká  $\Rightarrow$  vajíčko ze slané vody by vážilo více  $\Rightarrow$  okolní slaná voda by ho musela více nadlehčovat  $\Rightarrow$  na vajíčko ve slané vodě působí větší vztlaková síla (pokud bude plavat pouze v jedné kádince, musí to být kádinka se slanou vodou).

Vajíčko by se ve vodě vznášelo, kdyby se hustota vody přesně rovnala hustotě vajíčka. Druhou možností je vytvořit v kádince dvě vrstvy kapaliny – dole bude hustší slaná voda, nad ní vrstva sladké vody. Vajíčko se zastaví někde na rozhraní obou vrstev.

**Pedagogická poznámka:** Slanou vodu nejdříve obarvím a pak ji naliji jako spodní vrstvu do kádinky. Na ní pomalu doliji sladkou vodu. Rozhraní obou kapalin je viditelné a je vidět, jak se na něm vajíčko zastaví.

Řešení se dvěma vrstvami žáky většinou nenapadne.

**Př. 5:** Na čem závisí, zda předmět vhozený do kapaliny bude plavat nebo klesne ke dnu? Která vlastnost látky o tom rozhoduje? Udělej přehlednou tabulku.

Záleží na výsledku souboje mezi gravitační a vztlakovou silou.

$F_g > F_{vz}$	$F_g = F_{vz}$	$F_g < F_{vz}$
předmět klesá ke dnu	předmět se nepohybuje	předmět stoupá
O výsledku souboje mezi gravitační a vztlakovou silou rozhodují velikosti hustoty předmětu $\rho$ a hustoty kapaliny $\rho_k$ (pokud je předmět zcela ponořený)		
$\rho > \rho_k$	$\rho = \rho_k$	$\rho < \rho_k$
předmět klesne ke dnu, kde začne působit proti gravitaci i	předmět se vznáší (je zcela ponořený a nestoupá ani	předmět plave, vystoupá k hladině a částečně se vynoří,

tlaková síla dna	neklesá),	čímž se zmenší i ponořený objem a s ním vztlaková síla tak, aby přesně vyrovnala gravitační sílu
------------------	-----------	--

**Pedagogická poznámka:** Poslední řádku tabulky si doplňujeme až po vyřešení příkladu 6 (který je spíše doplňujícím dotazem ke čtvrtému řádku tabulky).

**Př. 6:** Vysvětli, proč pingpongový míček plavoucí na hladině nestoupá, i když je jeho hustota menší než hustota vody

Pingpongový míček není ponořen celý  $\Rightarrow$  neplatí pro něj závěr z tabulky, který popisuje situaci pro zcela ponořený předmět.

Tím, že je ponořená pouze část míčku se zmenší ponořený objem a tím i vztlaková síla vody tak, aby přesně vyrovnala gravitační sílu, kterou přitahuje míček Země.

**Př. 7:** Vysvětli.

- Čím větší část míče je ponořená pod vodou, tím těžší je ho udržet, aby nevyskočil z vody ven.
- Ve slané vodě se snáze plave.
- Čím více je loď naložena, tím větší má ponor (tím více je ponořena do vody).

a) Čím větší část míče je ponořená pod vodou, tím těžší je ho udržet, aby nevyskočil z vody ven.

Větší část míče pod vodou  $\Rightarrow$  větší ponořený objem  $\Rightarrow$  větší množství vody, které by okolní voda musela nadlehčovat  $\Rightarrow$  větší vztlaková síla  $\Rightarrow$  musíme tlačit míč do vody větší silou, aby nevyskočil ven.

b) Ve slané vodě se snáze plave.

Slaná voda má větší hustotu  $\Rightarrow$  Archimédovo těleso ze slané vody je těžší než Archimédovo těleso ze sladké vody  $\Rightarrow$  při ponoření stejné části těla slaná voda nadlehčuje více  $\Rightarrow$  plave se v ní lépe.

c) Čím více je loď naložena, tím větší má ponor (tím více je ponořena do vody).

Do lodi přidáme další náklad  $\Rightarrow$  zvětší se gravitační síla, která táhne loď s nákladem dolů  $\Rightarrow$  musí se zvětšit vztlaková síla, která tlačí loď nahoru  $\Rightarrow$  loď ve vodě klesne, aby se zvětšil její ponořený objem a tedy i vztlaková síla, která působí proti gravitaci.

**Pedagogická poznámka:** Výrobu duhy v brčku ukážu třídě ještě před tím, než začnou pracovat na příkladu 7. Kdo ho má hotový může si zkusit duhu vyrobit také.

**Př. 8:** Jakým způsobem je nutné připravit obarvené vody na výrobu duhy? Proč je možné udělat duhu v brčku pouze v jednom pořadí?

Potřebujeme, aby jednotlivé barvy měly různou hustotu (jako ji měly slaná a sladká voda u vznášení vajíčka)  $\Rightarrow$  do každé barvy dáme jiné množství soli. Nabírat do brčka musíme barvy od té s nejmenší hustotou (ta zůstane nahoře) po barvu s největší hustotou.

Pokud změním pořadí. Ocitne se některá z těžších barev nad barvou lehčí a budou si chtít vyměnit místo, čímž se promíchají (je zajímavé to zkusit u dvou barev uprostřed).

**Domácí bádání:** Ulom hlavičku od sirky a dej ji do láhve zcela zaplněné vodou. Láhev zavři. Když láhev mačkáme, sirka klesá ke dnu. Když stisk povolíme sirka stoupá k hladině. Pozorně si prohlédni hlavičku sirky a vysvětli pokus.

**Shrnutí:** Na předměty ponořené do kapaliny působí vztlková síla, jejíž velikost odpovídá gravitační síle působící na Archimédovo těleso.