

### 1.5.3 Archimédův zákon I

**Předpoklady:** 010502

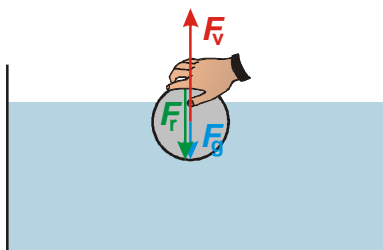
**Pomůcky:** voda, akvárium, míček (nebo kus polystyrenu), souprava na demonstraci Archimédova zákona, Vernier siloměr, čerstvé vejce, sklenička, sůl

**Př. 1:** Sepiš výsledky domácího bádání (ponořování míče do vody).

Ponořování míče do vody (míč není zcela ponořený): Čím víc je míč do vody ponořený, tím víc ho musíme tlačit, aby se ve vodě udržel, případně se ponořil hlouběji.

Míč je zcela ponořený ve vodě: síla, kterou musíme tlačit míč do vody, se nemění.

**Př. 2:** Nakresli obrázek částečně ponořeného míče, který tlačí ruka pod vodu. Jaké síly na míč působí?



Na míč působí směrem dolů dvě síly: gravitační síla a síla ruky  $\Rightarrow$  na míč musí působit ještě síla vody, která ho tlačí proti ruce a proti gravitaci směrem nahoru.

Síla vody se označuje jako vztlaková síla.

#### Na předměty ponořené do kapaliny působí vztlaková síla

**Př. 3:** Míč na vodě plave, protože na něj voda působí vztlakovou silou. Působí voda i na předměty, které neplavou?

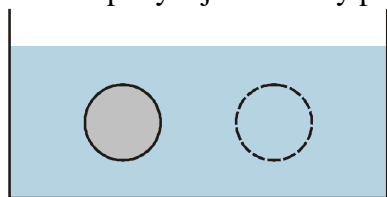
Kámen je pod vodou daleko lehčí než na vzduchu. Ve vodě uneseme i dospělého člověka (když se šikovně položí).

**Př. 4:** Chová se voda při nadlehčování neplavoucích předmětů podobně jako u míče (její vztlaková síla se zvětšuje s ponořením předmětu)? Uveď příklad z vlastní zkušenosti.

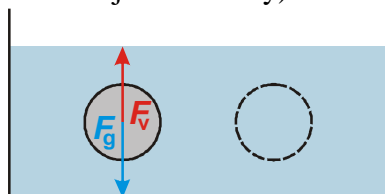
Zalézáme do rybníka. Kamínky na dně nás tlačí čím dál méně, nakonec tlačit přestanou a začneme se ve vodě vznášet  $\Rightarrow$  voda nás nadlehčuje.

**Př. 5:** Na obrázku je nakreslena šedá kulička. Je zcela ponořena do vody a je vyrobena tak, že se ve vodě vznáší (ani nestoupá k hladině, ani neklesá ke dnu). Jaké síly na ni působí? Zakresli je do obrázku. Napravo od šedé kuličky je naznačena ve vodě ve stejné hloubce stejně velká myšlená koule z vody (můžeš si představit, že je od ostatní vody oddělená tenkou blankou, která prakticky nic neváží). Jak se "vodní"

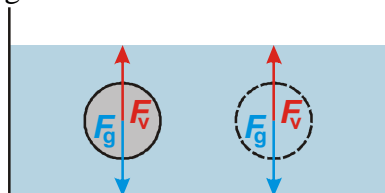
kulička pohybuje? Jaké síly působí na ní působí?



Na šedou kuličku působí dvě síly - gravitační síla  $F_g$  směrem dolů a vztaková síla vody směrem nahoru. Jestliže se kulička vznáší a nepohybuje se, musí být obě síly stejně velké (aby se navzájem odečetly).



Vodní kulička se nepohybuje (voda nemůže ani padat ani stoupat ve vodě). Působí také gravitační síla a vztaková síla od okolí vody a obě tyto síly musejí mít stejnou velikost.



**Př. 6:** Porovnej velikosti vztakových sil v předchozím příkladu. Které síly a proč mají stejnou velikost jako vztaková síla na šedou kuličku?

Obě vztakové síly (na šedou i na vodní kuličku). Jsou stejné (kdybychom je zabalili do tenkého igelitu, voda to nemůže poznat).

Velikost vztakové síly na šedou kuličku je stejná jako velikost:

- gravitační síly na šedou kuličku (protože šedá kulička se nepohybuje),
- vztakové síly na vodní kuličku (obě stejné a zcela ponořené),
- gravitační síly na vodní kuličku (je stejně velká jako vztaková síla na vodní kuličku).

Shrneme si pozorování z předchozích dvou příkladů. Voda nepozná, z jakého materiálu je předmět, který jsme do ní ponořili. Kdyby byl z vody, musela by ho nadlehčovat stejnou silou, jakou gravitace vodní předmět přitahuje k dolů  $\Rightarrow$  voda nadlehčuje předměty stejnou silou, jakou gravitace by gravitace přitahovala jejich ponořenou část vyrobenou z vody.

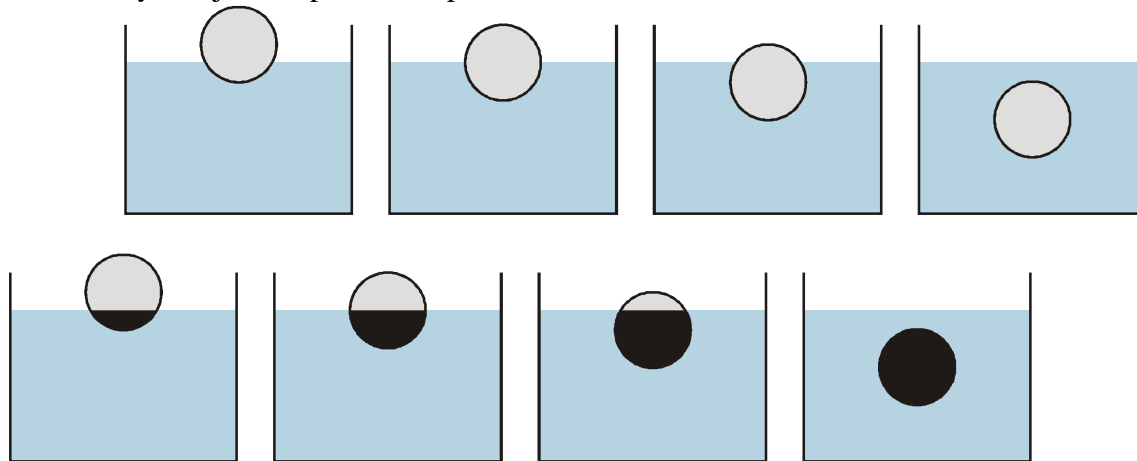
Vodnímu tělesu, které by byla na místě ponořené části předmětu se občas říká Archimédovo těleso podle starořeckého vědce Archiméda, a který tento zákon objevil.

**Kapalina nadlehčuje těleso silou, která se rovná síle, kterou by gravitace přitahovala Archimédovo těleso ze stejné kapaliny.**

**Dodatek:** Běžně se Archimédův zákon udává v následujícím znění: Těleso ponořené do kapaliny je nadlehčováno silou, která se rovná tíze kapaliny tělesem vytlačené. Tíhou je v tomto znění označována síla velmi blízká a jen málo se lišící od

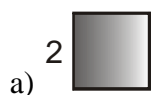
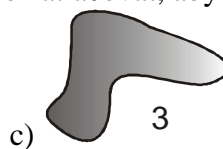
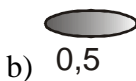
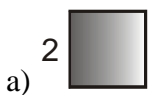
gravitační síly (my zatím rozdíl mezi těmito dvěma silami zanedbáváme), kapalina tělesem vytlačena představuje Archimédovo těleso.

**Př. 7:** Na obrázcích je nakresleno postupné ponořování míče do vody. Vybarvi u každého okamžiku Archimédovo těleso a vysvětli, proč je vztlaková síla, kterou voda vytlačuje míč, při větším ponoření větší.



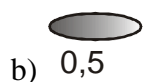
Větší ponoření do vody  $\Rightarrow$  větší Archimédovo těleso  $\Rightarrow$  větší myšlená gravitační síla na Archimédovo těleso  $\Rightarrow$  větší vztlaková síla vody na míč.

**Př. 8:** On obrázcích jsou nakresleny různé předměty. Číslo u každého z nich udává jeho objem. Jakou vztlakovou silou bude každý z nich nadlehčovat voda, když je zcela ponoříme? Jakou silou je budeme muset do zatlačovat, aby zůstaly zcela ponořené?



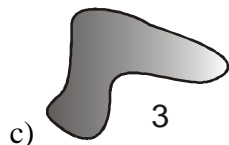
Objem 2 litry  $\Rightarrow$  Archimédovo těleso by obsahovalo 2 litry vody  $\Rightarrow$  Archimédovo těleso by mělo hmotnost 2 kg  $\Rightarrow$  gravitace by Archimédovo těleso přitahovala silou  $2 \cdot 10 = 20$  N  $\Rightarrow$  voda by Archimédovo těleso nadlehčovala silou 20 N  $\Rightarrow$  voda bude nadlehčovat předmět silou 20 N.

Sílu, kterou bychom ho museli držet pod vodou spočítat nemůžeme, protože známe pouze sílu, která těleso tlačí nahoru, ale nevíme, jak velká je gravitace, která ho táhne dolů.



Objem 0,5 litru  $\Rightarrow$  Archimédovo těleso by obsahovalo 0,5 litru vody  $\Rightarrow$  Archimédovo těleso by mělo hmotnost 0,5 kg  $\Rightarrow$  gravitace by Archimédovo těleso přitahovala silou  $0,5 \cdot 10 = 5$  N  $\Rightarrow$  voda by Archimédovo těleso nadlehčovala silou 5 N  $\Rightarrow$  voda bude nadlehčovat předmět silou 5 N.

Sílu, kterou bychom ho museli držet pod vodou spočítat nemůžeme, protože známe pouze sílu, která těleso tlačí nahoru, ale nevíme, jak velká je gravitace, která ho táhne dolů.



c)

Objem 3 litry  $\Rightarrow$  Archimédovo těleso by obsahovalo 3 litry vody  $\Rightarrow$  Archimédovo těleso by mělo hmotnost 3 kg  $\Rightarrow$  gravitace by Archimédovo těleso přitahovala silou  $3 \cdot 10 = 30 \text{ N}$   $\Rightarrow$  voda by Archimédovo těleso nadlehčovala silou 30 N  $\Rightarrow$  voda bude nadlehčovat předmět silou 30 N.

Sílu, kterou bychom ho museli držet pod vodou spočítat nemůžeme, protože známe pouze sílu, která těleso tlačí nahoru, ale nevíme, jak velká je gravitace, která ho táhne dolů.

**Př. 9:** Máme k dispozici k dispozici předmět, který ve vodě klesá ke dnu, siloměr, nádobu, dostatek vody a odměrný válec. Navrhni pokus, kterým ověříme platnost Archimédova zákona.

Zavěsíme předmět na siloměr  $\Rightarrow$  změříme gravitační sílu.

Ponoříme předmět zavěšený na siloměru do vody  $\Rightarrow$  změříme sílu.

Rozdíl změřených sil se rovná vztlakové síle (ponořený předmět nadlehčuje voda a proto nepůsobí na siloměr tak velkou silou).

Změříme objem, spočteme hmotnost Archimédova tělesa a sílu, kterou ho přitahuje Země.

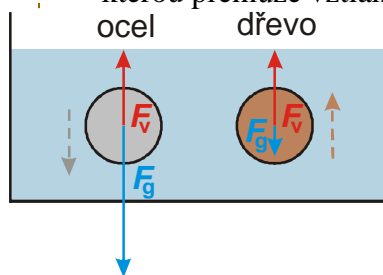
Výsledek by se měl rovnat rozdílu naměřených sil.

**Př. 10:** Ve vodě jsou zcela ponořeny dvě stejně velké kuličky. Jedna železná, druhá dřevěná. Působí na obě stejně velká vztlaková síla vody? Co se stane, když je pustíme? Proč?

Kuličky jsou stejné  $\Rightarrow$  jejich Archimédovo těleso je stejné  $\Rightarrow$  působí na ně stejně velká vztlaková síla.

Když je pustíme:

- železná kulička klesne ke dnu (je těžká  $\Rightarrow$  působí na ní velká gravitační síla, která přemůže vztlakovou sílu vody),
- dřevěná kulička vyplave na hladinu (je lehká  $\Rightarrow$  působí na ní malá gravitační síla, kterou přemůže vztlaková síla).



**Př. 11:** Na hladině plavou dvě stejně velké kuličky. Druhá je ponořená méně než první. Která z nich má menší hmotnost?

Obě kuličky plavou  $\Rightarrow$  u obou je vyrovnaná vztlaková síla s gravitační silou.

Druhá kulička je ponořená méně  $\Rightarrow$  má menší Archimédovo těleso  $\Rightarrow$  působí na ni menší vztlaková síla  $\Rightarrow$  působí na ní menší gravitační síla  $\Rightarrow$  je lehčí.



**Př. 12:** Co je třeba začít dělat, když se člověk začne topit?

Musíme zvětšit vztlakovou sílu, která nás tlačí nahoru  $\Rightarrow$  musíme ponořit větší část svého těla do vody, abychom zvětšili své Archimédovo těleso.

**Dodatek:** Instinktivně však topící postupuje přesně opačně: snaží se z vody dostat co největší část svého těla  $\Rightarrow$  zmenšuje své Archimédovo těleso a tím i vztlakovou sílu vody  $\Rightarrow$  dříve se unaví  $\Rightarrow$  dříve se utopí.

**Shrnutí:** Voda nadlehčuje ponořené předměty, protože by musela dokázat udržet vodu, která by byla na jejich místě.