

1.5.4 Archimédův zákon I

Předpoklady: 010503

Pomůcky: voda, akvárium, míček (nebo kus polystyrenu), závaží, Vernier siloměr s nástavcem na zatlačování do vody, odměrný válec

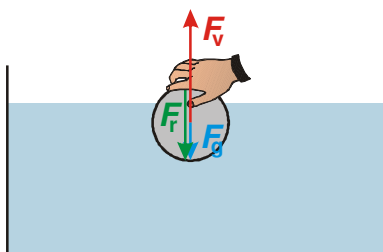
Př. 1: Sepiš výsledky domácího bádání (ponořování míče do vody).

- 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.

Celkový závěr: Síla, kterou voda nadlehčuje míč, závisí pouze na ponořeném objemu míče, ne na hloubce.

Pedagogická poznámka: Uvedený závěr není samozřejmý. Velká část dětí (i přes polovinu) naměření, že s hloubkou ponoření roste i nadlehčování vodou (buď mají příliš malý míček, nebo příliš silné očekávání nějakého výsledku), někteří zase mají pocit, že když se podaří míček zatlačit do vody celý, síla se zmenší. Je proto nutné pokus provést ve škole na siloměru a výsledky jim ukázat.

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. Její velikost se musí rovnat součtu gravitační síly a síly ruky (míč je v klidu a nestoupá ani neklesá).

Síla vody se označuje jako vztlková síla.

Na předměty ponořené do kapaliny působí vztlková síla.

Př. 3: Míč na vodě plave, protože na něj voda působí vztlkovou 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 šikově položí).

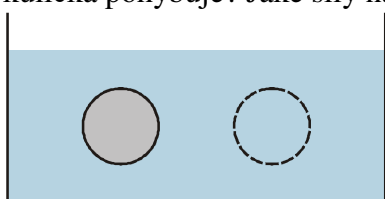
\Rightarrow Vztlková síla působí i na předměty, které neplavou (zřejmě působí na všech předměty ponořené ve vodě).

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.

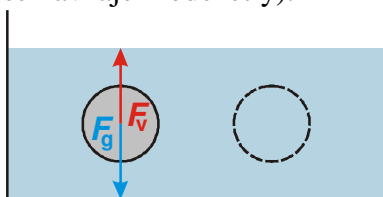
Zalézáme do rybníka. Kamínky na dně nás tlačí čím dál méně, nakonec tlačit přestanou a začneme se ve vodě vznášet \Rightarrow vztlaková síla vody roste s ponořeným objemem i u předmětů, které neplavou.

Velikost vztlakové síly závisí na velikosti ponořeného objemu.

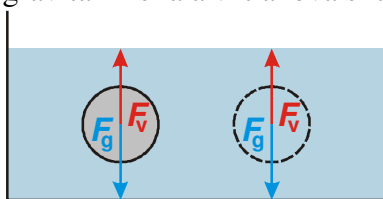
Př. 5: Na obrázku je nakreslena šedá kulička. Je zcela ponořena do vody a je vyrobena tak, že se ve vodě vznáší (ani nestoupá k hladině, ani neklesá ke dnu). Jaké síly na ni působí? Zakresli je do obrázku. Napravo od šedé kuličky je naznačena ve vodě ve stejné hloubce stejně velká myšlená koule z vody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



Na šedou kuličku působí dvě síly - gravitační síla F_g směrem dolů a vztlaková 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 vztlaková síla od okolí vody a obě tyto síly musejí mít stejnou velikost.



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

Stejně velká jako vztlaková síla na šedou kuličku, je vztlaková síla na „vodní“ kuličku. Jsou stejně velké a obě zcela ponořené, kdybychom je zabalili do tenkého igelitu, voda to nemůže poznat, která je která.

Velikost vztlakové síly na šedou kuličku je stejná jako velikost:

- gravitační síly na šedou kuličku (protože šedá kulička se nepohybuje),
- vztlakové síly na vodní kuličku (obě stejné, zcela ponořené, pro vodu nerozlišitelné),
- gravitační síly na vodní kuličku (je stejně velká jako vztlaková síla na vodní kuličku).

Shrneme si pozorování z předchozích dvou příkladů.

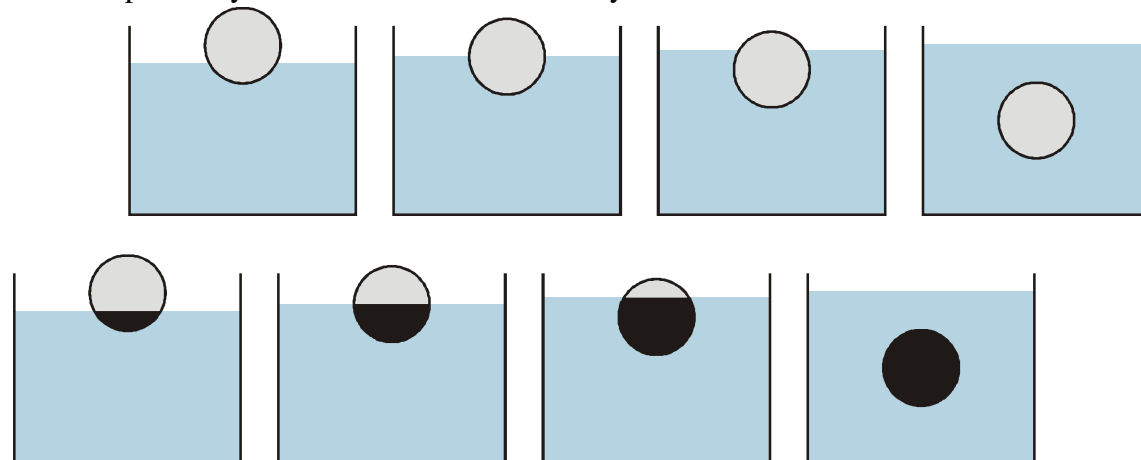
Voda nepozná, z jakého materiálu je předmět, který jsme do ní ponořili. Kdyby byl předmět z vody, musela by okolní voda vyrovnat gravitaci, která by vodní předmět táhla dolů \Rightarrow voda nadlehčuje předměty silou, která je stejně velká jako by bylo gravitační přitahování jejich ponořenou část vyrobenou z vody.

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

Kapalina nadlehčuje těleso silou, která vyrovnala sílu, kterou by gravitace přitahovala Archimédovo těleso ze stejné kapaliny.

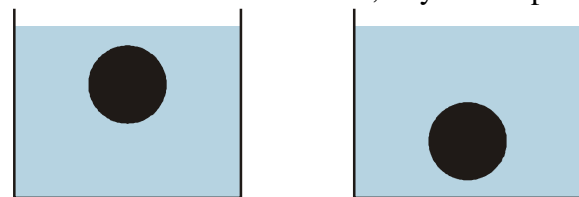
Dodatek: Běžně se Archimédův zákon udává v následujícím znění: Těleso ponořené do kapaliny je nadlehčováno silou, která se rovná tíze kapaliny tělesem vytlačené. Tíhou je v tomto znění označována síla velmi blízká a jen málo se lišící od gravitační síly (my zatím rozdíl mezi těmito dvěma silami zanedbáváme), kapalina tělesem vytlačená 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. Proč se tato síla nezvětšuje, když zcela ponořený míč tlačíme do větší hloubky?



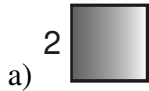
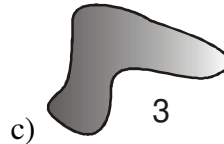
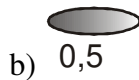
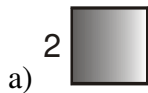
Větší ponoření do vody \Rightarrow větší Archimédovo těleso \Rightarrow větší myšlená gravitační síla táhnoucí Archimédovo těleso dolů \Rightarrow větší vztlaková síla okolní vody, která udrží Archimédovo těleso na místě \Rightarrow větší vztlaková síla vody působící na míč.

Jakmile je míč ponořený celý, dalším ponořováním se jeho Archimédovo těleso nezvětšuje \Rightarrow vztlaková síla se nemění, když zcela ponořený míč tlačíme do větší hloubky.

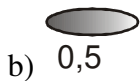


Př. 8: On obrázcích jsou nakresleny různé předměty. Číslo u každého z nich udává jeho objem v litrech. Jakou vztlakovou silou bude každý z nich nadlehčován voda, když je

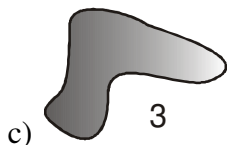
zcela ponoříme?



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 $2 \cdot 10 = 20 \text{ N}$ \Rightarrow voda by Archimédovo těleso nadlehčovala silou 20 N \Rightarrow voda bude nadlehčovat předmět silou 20 N.



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 $0,5 \cdot 10 = 5 \text{ N}$ \Rightarrow voda by Archimédovo těleso nadlehčovala silou 5 N \Rightarrow voda bude nadlehčovat předmět silou 5 N.



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.

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: 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. 11: 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.