

3.2.7 Archimédův zákon II

Předpoklady: 030206

Pomůcky: uřízlé hrdlo od PET, pingpongový míček, sirka, skleněná láhev od sirupu, PET průhledná

Př. 1: 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.

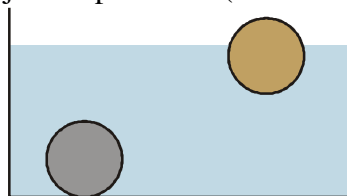
Na ulomené hlavičce sirky jsou malé bublinky. Síra má větší hustotu než voda, po čase pokus se sirkou přestane fungovat (zmizí bublinky na hlavičce).

Vysvětlení pokusu. Na hlavičce sirky jsou bublinky vzduchu, které zvětšují její ponořený objem a tím i vztlakovou sílu

Př. 2: Do vody hodíme dvě stejně velké kuličky - dřevěnou a železnou. Co se s nimi stane? Na kterou bude po chvíli působit větší vztlaková síla?

Dřevěná kulička bude plavat, železná klesne ke dnu.

Větší vztlaková síla působí na železnou kuličku - je stejně velká jako dřevěná (podle zadání) a je celá ponořená (část dřevěné kuličky vyčnívá nad hladinu).



Pedagogická poznámka: V předchozím příkladu se prozradí žáci, kteří ve skutečnosti fyzikální pravidla pro rozhodování nepoužívají - automatická odpověď totiž je, že na dřevěnou působí větší vztlaková síla, protože plave. Jde o typickou ukázkou uvažování "na jeden krok" - spokojíme se s první alespoň trochu logicky znějící odpovědí.

Pedagogická poznámka: Následující příklady se dají řešit pomocí vzorce, ale to není v tomto okamžiku záměr. Naopak žáci by měli používat pravidlo, že voda nadlehčuje předmět tak, aby ho udržela, kdyby byl z vody.

Př. 3: V hloubce 2 m pod hladinou leží kámen o hmotnosti 9 kg a objemu 2 litry. Jakou silou ho nadlehčuje voda? Jakou silou ho musíme zvedat? Jakou silou ho bude voda nadlehčovat v hloubce 1 m pod hladinou?

Ponořený objem kamene 2 litry \Rightarrow na místě kamenu by mohly být 2 litry vody, které mají hmotnost 2 kg, gravitace je přitahuje silou $F_g = mg = 2 \cdot 10 \text{ N} = 20 \text{ N} \Rightarrow$ okolní voda nadlehčuje kámen silou 20 N (touto silou by voda udržela vodu, která by byla na místě kamenu).

Na kámen působí:

- směrem dolů gravitační síla $F_g = mg = 9 \cdot 10 \text{ N} = 90 \text{ N}$,
- směrem nahoru vztlaková síla vody $F_{vz} = 20 \text{ N}$,

⇒ zvedat nahoru ho musíme silou $90 - 20 \text{ N} = 70 \text{ N}$.

V hloubce 1 m nadlehčuje voda kámen stejnou silou jako v hloubce 2 m (stejnou silou nadlehčuje voda kámen v libovolné hloubce, pokud je zcela ponořený).

Př. 4: Plechovka o objemu 0,7 litru plave na vodě a je ponořena z jedné sedminy. Jakou má hmotnost?

Plechovka plave ⇒ vztlaková síla je stejně velká jako gravitační síla ⇒ stačí určit velikost vztlakové síly.

Ponořena je sedmina objemu plechovky ⇒ ponořený objem 0,1 l ⇒ plechovka vytlačila 0,1 litru vody, která by měla hmotnost 0,1 kg a voda by ji nadlehčovala silou 1 N.

Na plechovku působí gravitační síla 1 N ⇒ plechovka má hmotnost 0,1 kg.

Př. 5: Jaký je přibližně objem Tvého těla?

Hustota lidského těla je přibližně stejně velká jako hustota vody (při nádechu člověk ve vodě plave, při výdechu klesá ke dnu) ⇒ 1 kg lidského těla má objem 1 l ⇒ objem lidského těla v litrech se číselně rovná hmotnosti člověka v kilogramech ⇒ například 83 kg těžký fyzikář má objem 83 litrů.

Př. 6: Najdi veličiny, na kterých závisí velikost vztlakové síly a sestav z nich vzorec pro její výpočet.

Vztlaková síla kapaliny se rovná gravitační síle, která by přitahovala kapalinu, která by vyplnila ponořený objem předmětu ⇒ vztlaková síla závisí na:

- ponořeném objemu V (větší ponořený objem znamená větší vztlakovou sílu),
- hustotě kapaliny ρ (větší hustota znamená větší vztlakovou sílu),
- gravitačním zrychlením g (větší gravitační zrychlení znamená větší vztlakovou sílu),

⇒ všechny veličiny mezi sebou násobíme: $F_{vz} = V \rho g$.

Velikost vztlakové síly v kapalině je dána vztahem $F_{vz} = V \rho g$.

Modře vyznačená část vzorce $F_{vz} = V \rho g$, představuje hmotnost vody, která by byla na místě plavoucího předmětu, celý vzorec pak gravitační sílu, která by na tuto vodu působila.

Př. 7: Jakou silou nadlehčuje zcela ponořenou PET láhev o objemu 1,5 litru:
a) voda, b) líh, c) rtuť?

V šech případech stačí dosadit do vzorce pro velikost vztlakové síly, $V = 1,5 \text{ l} = 0,0015 \text{ m}^3$.

a) voda: $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

$F_{vz} = V \rho g = 0,0015 \cdot 1000 \cdot 10 \text{ N} = 15 \text{ N}$

b) lřh: $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

$$F_{vz} = V \rho g = 0,0015 \cdot 790 \cdot 10 \text{ N} = 12 \text{ N}$$

c) rtuř: $\rho = 13500 \text{ kg/m}^3$

$$F_{vz} = V \rho g = 0,0015 \cdot 13500 \cdot 10 \text{ N} = 200 \text{ N}$$

Př. 8: Do vody hodíme dřevěné polínko o hmotnosti 4,5 kg. Polínko plave. Jak velkou silou je nadlehčováno vodou? Jak velký je jeho ponořený objem?

Polínko o hmotnosti 4,5 kg přitahuje gravitační síla 45 N \Rightarrow pokud plave, musí na něj působit stejně velká vztlaková síla 45 N.

$$F_{vz} = V \rho g \quad / : \rho g$$

$$V = \frac{F_{vz}}{\rho g} = \frac{45}{1000 \cdot 10} \text{ m}^3 = 0,0045 \text{ m}^3 = 4,5 \text{ l}$$

Polínko je nadlehčováno silou 45 N a má ponořený objem 4,5 litru.

Př. 9: Cihla o rozměrech 29 x 14 x 6,5 cm váží 4,7 kg. Kolik bude „vážit“ zcela ponořená pod vodou?

Musíme určit velikost vztlakové síly působící na cihlu.

$$\text{Objem cihly: } V = abc = 29 \cdot 14 \cdot 6,5 \text{ cm}^3 = 2639 \text{ cm}^3 = 0,0026 \text{ m}^3$$

$$F_{vz} = V \rho g = 0,0026 \cdot 1000 \cdot 10 \text{ N} = 26 \text{ N} \Rightarrow \text{z hmotnosti cihly díky nadlehčování vodou ubude}$$

2,6 kg \Rightarrow cihla bude pod vodou "vážit" 2,1 kg.

Př. 10: Urči sílu, kterou by mořská voda nadlehčovala zcela ponořený nafukovací míč o poloměru 17 cm.

Hustota mořské vody $\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$.

Musíme určit objem míče (má tvar koule) \Rightarrow vzorec pro objem koule:

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \pi 0,17^3 \text{ m}^3 = 0,021 \text{ m}^3$$

$$F_{vz} = V \rho g = 0,021 \cdot 1025 \cdot 10 \text{ N} = 220 \text{ N}$$

Mořská voda by nafukovací míč nadlehčovala silou 220 N.

Domácí bádání: Navrhni pokus, kterým bys ověřil platnost vzorce pro vztlakovou sílu. Můžeš počítat se základním školním vybavením (siloměr, váha, akvárium, ...).

Žáci přinesou příště: vybavení pro ověření Archimédova zákona

Shrnutí: Velikost vztlakové síly se rovná tíze kapaliny tělesem vytlačené: $F_{vz} = V \rho g$.