

3.1.13 Plavání a potápění

Předpoklady: 030112

Pomůcky: hustoměry, odměrný válec na ukázkou hustoměru, kelímky, závaží 0,5 kg, plechovka od rybiček

Př. 1: Které zákony a pravidla budeme potřebovat pro vysvětlování problémů s potápěním a plaváním?

Voda (i jiné kapaliny) tlačí do všech stran stejně.

Hydrostatický tlak v kapalině roste s hloubkou ($p = h\rho g$).

Působením hydrostatického tlaku vzniká v kapalině vztlaková síla $F_{vz} = V\rho g$ (vztlaková síla je tak velká, aby udržela Archimédovo těleso zaplňující ponořený objem).

Př. 2: Spočti sílu, kterou tlačí voda na hrudník potápěče nacházejícího se v hloubce 10 m. Co znamená výsledek výpočtu pro dýchání pod vodou.

Rozměry hrudníku (přibližně) 40 cm x 40 cm $\Rightarrow S = ab = 0,4 \cdot 0,4 \text{ m}^2 = 0,16 \text{ m}^2$.

Hydrostatický tlak v hloubce 10 m: $p = h\rho g = 10 \cdot 1000 \cdot 10 \text{ Pa} = 100\,000 \text{ Pa}$.

$$p = \frac{F}{S} \Rightarrow F = pS = 100\,000 \cdot 0,16 \text{ N} = 16\,000 \text{ N}$$

Síla působící na hrudník potápěče odpovídá gravitační síle 1600 kg (osobní automobil) \Rightarrow dýchací přístroj musí nějakým způsobem plicím pomáhat zvednout hrudník, aby bylo možné se nadechnout.

Tlak vzduchu, který potápěč dýchá z láhve je větší než tlak vzduchu při povrchu moře (a tím vyrovnává tlak vody a pomáhá hrudním svalům). Tlak v láhvi je většinou 20 MPa a redukční ventily ho snižují tak, aby odpovídal aktuální hloubce, ve které se pohybuje potápěč.

Dodatek: Vysoký tlak dýchaného vzduchu umožňuje potápěčům nadechnutí ve větších (ve skutečnosti poměrně malých) hloubkách, ale nese s sebou i značné riziko. Vzduch vhaněný do plic pod tlakem se rozpouští v krvi ve větším množství než za normálního tlaku. Při rychlém vynoření se tlak v krvi rychle sníží, vzduch se začne z krve vylučovat a začne v cévách vytvářet bublinky, které přímo ohrožují život potápěče. Proto je při ponorech do větších hloubek nutné pomalé vynořování, které umožňuje postupné snižování tlaku v těle uvolňování rozpuštěného vzduchu v plicích.

Př. 3: Vysvětli, proč se i v dnešní době, když existují pevné a poměrně lehké materiály, se potápěčské tlakové láhve vyrábějí většinou z těžké oceli a to tak, aby měly hmotnost okolo 20 kg.

Potápěčská tlaková láhev má značný objem \Rightarrow působí na ní značná vztlaková síla vody \Rightarrow pokud nemá potápěče nadlehčovat, musí na ní působit stejně velká gravitační síla \Rightarrow tlaková láhev musí být těžká.

Pedagogická poznámka: U následujícího příkladu je třeba chodit po třídě a kontrolovat, zda zdůvodnění v sešitech opravdu míří až k Archimédovu zákonu. Jde o poměrně jednoduchý úkol, ale mnoho žáků skončí na půli cesty u vágních tvrzení „sníží se hustota“, „zvýší se nadlehčování“, někteří pak dokonce píší nesprávně „zmenší se gravitační síla“. Část žáků dokonce nemá nadechnutí spojené s žádnou tělesnou změnou, těm radím, aby se nadechli a sledovali, zda se s jejich tělem něco neděje.

Př. 4: Když se nedecheš stoupáš ke hladině, když vydecheš klesáš ke dnu. Vysvětli. Jak regulují hloubku ve které plavou ryby? Argumentuj tak, abys využil některé ze základních fyzikálních pravidel o kapalinách.

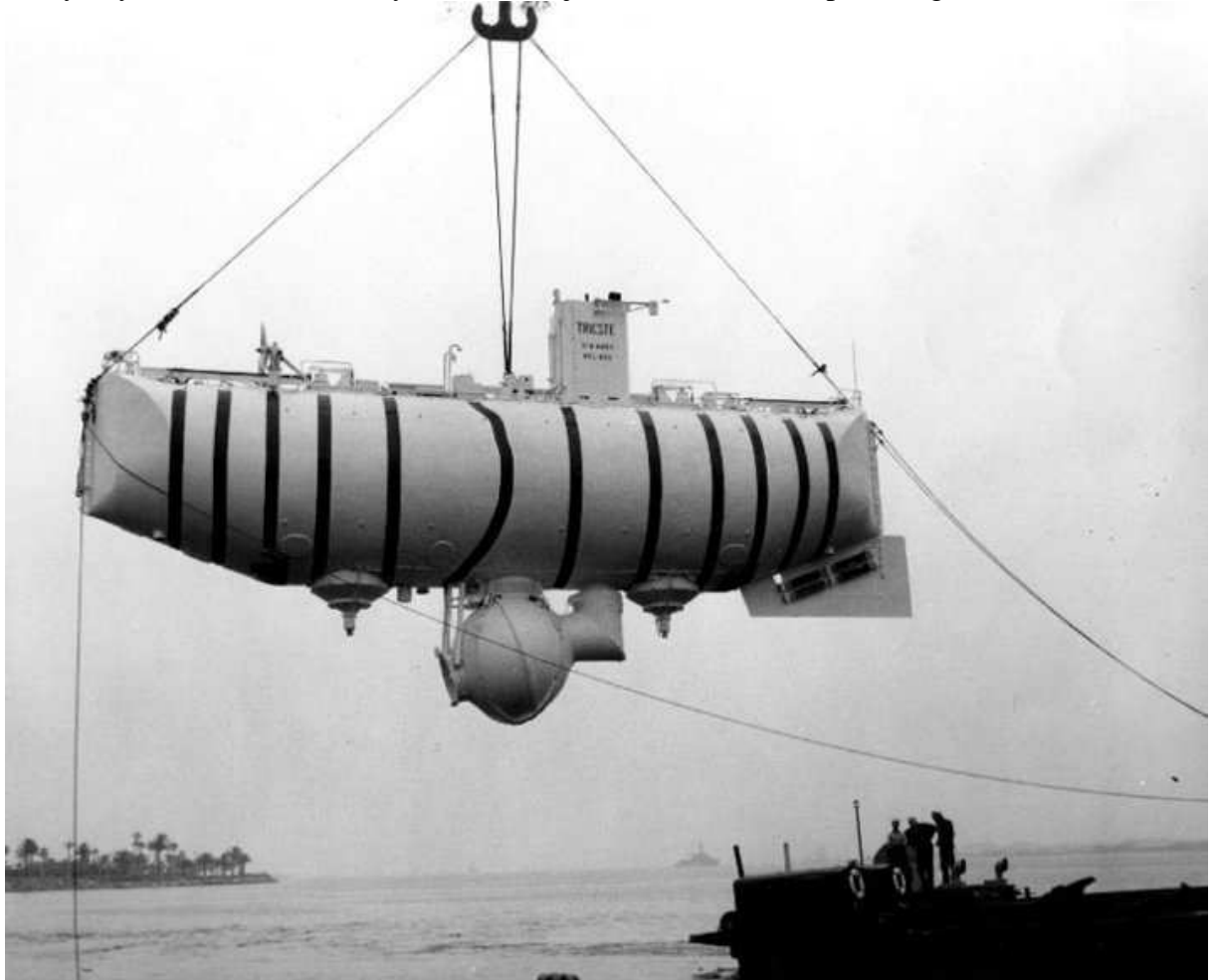
Nadechnutí: zvětší se hrudník \Rightarrow zvětší se objem těla \Rightarrow zvětší se ponořený objem \Rightarrow zvětší se vztlaková síla \Rightarrow vztlaková síla je větší než gravitační \Rightarrow stoupáme vzhůru.

Vydechnutí: zmenší se hrudník \Rightarrow zmenší se objem těla \Rightarrow zmenší se ponořený objem \Rightarrow zmenší se vztlaková síla \Rightarrow gravitační síla je větší než vztlaková síla \Rightarrow klesáme dolů.

Ryby mají uvnitř těla plynový měchýř (často je označován jako „duše“), který zvětšují a zmenšují stažením svalů \Rightarrow tím mění objem svého těla a vztlakovou sílu. vody, která na ně působí.

Př. 5: Na obrázku je fotografie batyskafu - speciální ponorky, se kterou se lidé v roce 1954 ponořili na nejhlubší místo oceánu dno Mariánského příkopu. Posádka byla během ponoru pouze v malé kouli ve spodní části plavidla. Hlavní část lodi tvoří velká nádrž s benzínem. Důležitou součástí lodi byly také elektromagnety držící kovové

broky. Vysvětli konstrukci batyskafu. (Zdroj obrázku www.wikipedia.org.)



Na dně mariánského příkopu působí strašně velký hydrostatický tlak 112 MPa (spočteno v hodině o hydrostatickém tlaku) \Rightarrow na všechno ponořené působí obrovské síly.

Nádrž z benzínem batyskaf nadnáší (benzín má menší hustotu než voda) a zároveň ji nemůže tlak vody rozmačkat (benzín je nestlačitelný jako voda a tak se rozmačkání brání).

Malá koule může být uděláme z tlusté oceli a tak vydržet obrovský tlak vody.

Elektromagnety mohou po dosažení dna příkopu uvolnit železné broky \Rightarrow zmenší se hmotnost batyskafu \Rightarrow vztlaková síla vody bude silnější než gravitační síla \Rightarrow batyskaf se vynoří.

Př. 6: Kolik vody je třeba, aby v ní mohl plavat kelímek, ve kterém je 0,5 kg těžké závaží?

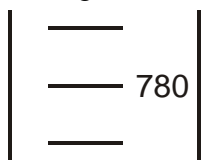
Teoreticky stačí libovolně malé množství.

Pokud kelímek se závažím vložíme do jiného stejného kelímku, ve kterém bude trocha vody, kelímek ze závažím vytlačí vodu v kelímku do takové výšky, aby v ní vznikl dostatečně velký ponořený objem a kelímek plaval. Potřebný objem vody pak jen vyplňuje tenkou vrstvičku mezi oběma kelímky.

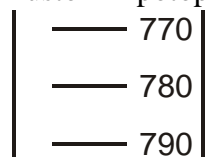
Hustoměr

Zařízení pro měření hustoty kapalin, skleněná baňka s nízko posazeným těžištěm, ponoříme ji do kapaliny, hladina kapaliny ukáže hustotu (v různých hustých kapalinách se baňka ponoří různě hluboko).

Př. 7: Na obrázku je nakreslena stupnice hustoměru. Napiš k dílkům hodnoty $790 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ a $770 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

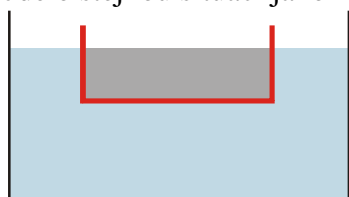


Čím je hustota kapaliny menší, tím větší musí být ponořený objem, aby se nezměnila velikost vztlakové síly (a vyrovnala gravitační sílu působící na hustoměr) \Rightarrow v řidší kapalině se hustoměr potopí hlouběji.



Př. 8: Hustota oceli je téměř osmkrát větší než hustota vody. Jak je možné, že se na hladině udrží i železná loď? Nakresli názorný obrázek. Kdy a proč se železná loď potopí?

Jde o stejnou situaci jako když plechovku od rybiček položíme na vodní hladinu.



Archimédovo těleso, které nadlehčuje plechovku, neodpovídá pouze objemu plechu, ale také objemu vzduchu v části plechovky, která je pod hladinou \Rightarrow vztlaková síla vody je tak daleko větší než by byla vztlaková síla vody odpovídající objemu samotného plechu.

Jakmile se do loď dostane voda, Archimédovo těleso se zmenší na objem samotného plechu, klesne vztlaková síla a plechovka klesne ke dnu.

Pedagogická poznámka: Při kontrole se určitě dostanete k Titaniku a jeho vodotěsným přepážkám.

Př. 9: Do vody hodíme dvě homogenní (z jedné látky) kuličky. První plave, druhá klesne ke dnu. O každém z následujících tvrzení rozhodni, zda jsou pravdivé, nepravdivé nebo o jejich pravdivosti nejde rozhodnout. Vycházej jenom z informací uvedených v zadání.

- Na první kuličku působí větší vztlaková síla.
- Hustota druhé kuličky je větší než hustota první kuličky.
- První kulička má menší ponořený objem.
- Na druhou kuličku působí větší gravitační síla.

a) Na první kuličku působí větší vztlaková síla.

Nemůžeme rozhodnout.

Nemáme žádné informace o velikosti kuliček. První může být malá, druhá velká.

b) Hustota druhé kuličky je větší než hustota první kuličky.

Pravda.

Druhá kulička neplave \Rightarrow její hustota je větší než hustota vody. První kulička plave \Rightarrow její hustota je menší než hustota vody a tedy i menší než hustota druhé kuličky.

c) První kulička má menší ponořený objem.

Nemůžeme rozhodnout.

Nevíme nic o velikostech kuliček, proto nemůžeme dělat závěry o velikosti ponořeného objemu.

d) Na druhou kuličku působí větší gravitační síla.

Nemůžeme rozhodnout.

Nevíme nic o velikostech kuliček, proto nemůžeme dělat závěry o velikosti gravitační síly, která kromě hustoty závisí také na objemu.

Př. 10: Na hladině plave kousek ledu. Jak se změní hladina vody (stoupne nebo klesne) až se led roztaje?

Hladina vody se nezmění.

Pokud led váží například 100 g, musí ve vodě vytvořit díru, do které se vejde 100 g vody (protože právě těleso, které má ponořený objem, do kterého se vejde 100 g vody, voda nadlehčuje jako 100 g vody). 100 g ledu se roztaje na 100 g vody, které přesně vyplní díru, kterou led ve vodě vytvořil, a výška hladiny se tak nezmění.

Př. 11: Brodíš řeku. Najdi všechny důvody, proč je těžší udržet v proudu rovnováhu v místech, kde je voda hlubší.

Ve větší hloubce se proud vody opírá do větší plochy našeho těla \Rightarrow působí větší silou a nám se hůře drží rovnováha.

Ve větší hloubce máme větší ponořený objem \Rightarrow voda nás nadlehčuje větší vztlakovou silou \Rightarrow působíme na dno menší silou \Rightarrow mezi nohama a dnem je menší tření, které zabraňuje uklouznutí na posunu nohy do strany.

Shrnutí: