

PASCALŮV A ARCHIMÉDŮV ZÁKON 11

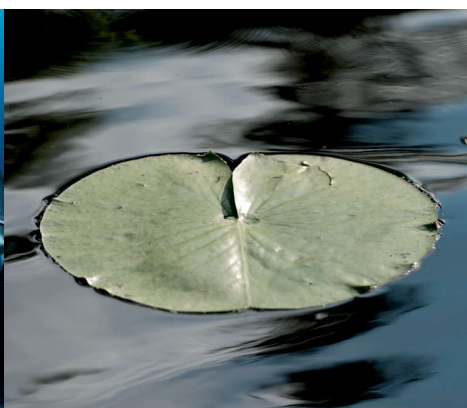
KLÁRA Úplně všichni tvorové, kteří na naší planetě žijí, tráví celý svůj život v tekutinách. Zdá se vám, že jsem se zbláznila, když tohle tvrdím? Kdepak! Ve fyzice jsou totiž tekutiny společným označením jak pro kapaliny, tak pro plyny. A protože lidé nebo zvířata žijí buď na vzduchu, který je nejčastějším příkladem plynu, anebo ve vodě, tedy v nejcharakterističtější kapalině, automaticky tak musí žít v nějaké tekutině. Dnes opustíme svět pevných těles a budeme se věnovat jevům typickým

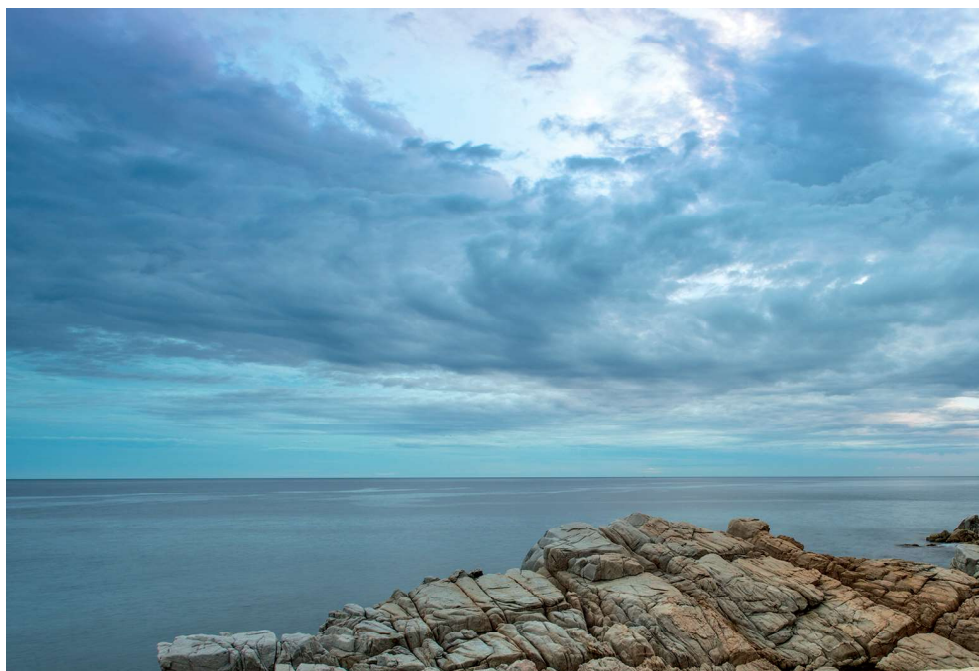
pro pobyt v nějaké tekutině. Zdeňku, čím začneme?

ZDENĚK Určitě se musíme zmínit o tlaku. Z hlediska mechaniky je tlak v plynech a kapalinách velmi důležitý jev. Když je nějaký předmět ponořen do kapaliny, nebo plynu, působí na jeho povrch tlaková síla. Ta síla se projevuje tlakem, kterému říkáme hydrostatický. Speciálním případem hydrostatického tlaku je tlak atmosférický, tedy tlak vzduchu okolo nás.

KLÁRA Takže na nás všechny neustále tlačí okolní vzduch? Přiznám se, že nic takového necítím.

ZDENĚK Samozřejmě, že vzduch na nás stále tlačí. A vůbec to není zanedbatelný tlak. Vzpomeň si na televizní předpověď počasí – v České televizi ji uvádějí naši kolegové, absolventi Matfyzu. Tam se přece vždy uvádí tlak vzduchu. Jeho hodnoty jsou kolem jednoho tisíce hektopascalů, tedy zhruba sto tisíc pascalů.





KLÁRA A čím je vlastně atmosférický tlak způsobován?

ZDENĚK Tíhovou silou působící na vzduch. Můžeme si totiž představit, že naše atmosféra je složená z jednotlivých vrstev vzduchu, a jak jsou výše položené vrstvy přitahovány směrem k zemskému povrchu, tlačí na vrstvy pod sebou. Tím vzniká v atmosféře tlak. Takže atmosférický tlak je důsledkem působení tíhové síly na vzduch. A teď mi, Kláro, řekni, co musí platit pro vzduch, aby byl přitahován tíhovou silou k Zemi. Vzpo-

meň si na páté rande s Fyzikou. Kdy dochází k vzájemnému přitahování těles?

KLÁRA Když ta tělesa mají nějakou hmotnost. To tedy znamená, že i vzduch má svoji hmotnost?

ZDENĚK Přesně tak. A věděla bys, kolik váží takový vzduch?

KLÁRA Původně samozřejmě nevěděla. Už vůbec to, že něco váží, pro mě bylo překvapením. Ale v televizním Rande s Fyzikou jsme provedli

docela jednoduché vážení vzduchu. Nejdříve jsme PET lahev opatřenou automobilovým ventilkem naplnili spoustou vzduchu a zvážili ji na přesné laboratorní váze. Pak jsme z lahve jednoduchým trikem vypustili přesně 2 litry vzduchu a opět ji zvážili. Rozdíl v hmotnosti byl 2,5 g. To odpovídá uváděným hodnotám, podle kterých litr vzduchu váží něco přes gram. Po-

Zvážili jsme lahev natlakovanou obyčejným vzduchem. Pak dva litry vzduchu upustili a láhev zvážili ještě jednou. Z rozdílu naměřených hodnot jsme dopočítali hmotnost vzduchu.





kud se chcete podívat, jakým trikem jsme z PET lahve vypustili 2 litry vzduchu a jak vůbec celé vážení vzduchu probíhalo, máte možnost. Příslušné krátké video najdete pod přiloženým QR kódem anebo na webovém linku www.ceskatelevize.cz/rsf/37.

KLÁRA Zdeňku, teď mě ale napadá, že nad hlavou mám několik kilometrů vzduchu. Znamená to, že na své hlavě nosím hmotnost celého toho vzduchu, který mám nad sebou?

ZDENĚK Ano, je to tak. Dokonce se to dá poměrně snadno spočítat. Plošný obsah půdorysu hlavy dospělého člověka je v průměru 300 cm^2 . Z hodnoty atmosférického tlaku se pak dá dopočítat, že každý si na hlavě „nese“ zhruba 300 kg vzduchu.

KLÁRA To je tedy slušný náklad! To uneseme?

ZDENĚK Jsme na to zvyklí od narození.

KLÁRA A co když si zajdu třeba do kavárny. Najednou mám nad sebou jen 2 m vzduchu. Znamená to, že se „náklad“ na mé hlavě najednou sníží na nějakých 7,5 dkg? To bych musela takovou změnu postřehnout.

ZDENĚK I když si sedneš do kavárny, stále podpíráš celý, několik kilometrů vysoký sloupec vzduchu. Celé to probíhá totiž tak, že vzduch tlačí na střechu budovy a ta tento tlak pře-



náší zase na vzduch pod sebou. Tlak se pak může přenášet přes podlahy a stropy několika pater, až se dostane do přízemí, kde v kavárně sedíš ty. Na tvoji hlavu pak stejně působí tlaková síla tří set kilogramů vzduchu. A to je právě ten atmosférický tlak.

MARTIN Kláro, jen aby nevznikl mylný dojem, že atmosférická tlaková síla působí jenom shora. Tak to není. Působí vždy kolmo k povrchu tělesa. Můžeme si ukázat jeden historický pokus, který vešel do dějin pod názvem Magdeburské polokoule. Jde o dvě stejně veliké duté kovové polokoule. Ty se k sobě přiloží tak, aby tvořily kouli celou. Dokud na přiložené polokoule tlačí zevnitř i zvenčí stejný atmosférický tlak, polokoule u sebe nedrží. Když ale vývěvou vyčerpáme vzduch z vnitřního prostoru mezi polokoulami, díky čemuž tam podstatně klesne tlak, vzduch vně obou polokoulí je pak přitiskne tak pevně k sobě, že na jejich odtržení je zapotřebí velké síly.

KLÁRA Ani my jsme si nenechali ujít příležitost, abychom v televizním Rande s Fyzikou legendární pokus nezopakovali. Měli jsme ovšem jenom daleko menší polokoule o průměru pouhých 13 cm. K jejich odtržení jsme nepoužili ani siláků ani koní, ale křehkých studentek. A kolik studentek bylo potřeba a zda nakonec stejně nemuseli přijít nějací siláci, to se můžete podívat na video, které najdete buď pomocí QR kódu anebo zadáním odkazu www.ceskatelevize.cz/rsf/38 do internetového prohlížeče.

MARTIN Tlak se objevuje nejen v plynech, ale samozřejmě i v kapalinách. A stejně jako u plynů ho způsobuje tíha. V případě kapalin se tento tlak nazývá hydrostatický.

KLÁRA A můžeme tlak v kapalinách nějak vypočítat? Na čem všem závisí?

MARTIN Tak předně, tlak v kapalinách je závislý na výšce vrstvy kapaliny. U vody říkáme na výšce vodního sloupce. Dále je tlak závislý na hustotě kapaliny, která se dá pro jednotlivé kapaliny vypočítat jako podíl její hmot-

nosti a objemu. A pak závisí na hodnotě tíhového zrychlení, protože tlak v kapalinách je způsobován právě tíhou. Sesadíme-li tyto závislosti k sobě, dostaneme jednoduchý vzorec pro hydrostatický tlak:

$$p_h = \rho \cdot g \cdot h$$

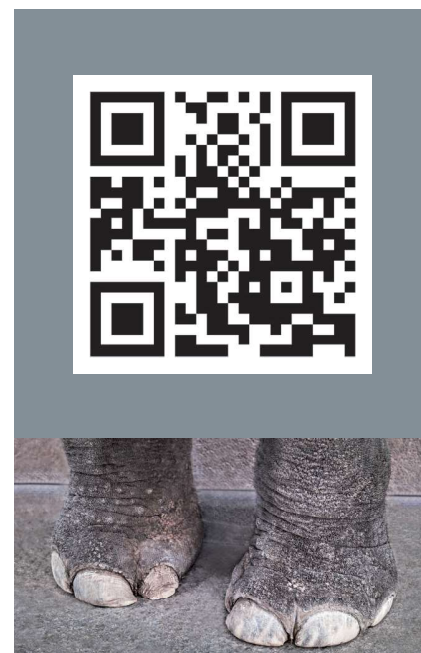
Kde ρ (ró) je hustota kapaliny uváděná v kilogramech na metr krychlový a h výška sloupce kapaliny uváděná v metrech. Podle tohoto vzorečku bys snadno vypočetla, jaký hydrostatický tlak je na dně Slapské přehrady. Hloubka přehradní nádrže u hráze je 58 m.

KLÁRA

$$p_h = \rho \cdot g \cdot h = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 58 \text{ m} \doteq 569 \text{ 000 Pa}$$

Hydrostatický tlak na dně Slapské přehrady je tedy zhruba 569 kPa (kilopascalů).

MARTIN Správně jsi dosadila jednotku tlaku. Základní jednotkou pro všechny tlaky – mechanický, atmosférický i hydrostatický – je pascal. Kdyby sis chtěla svoji vypočtenou hodnotu



tlaku nějak představit, tak tlak vody na dně přehrady je sedmkrát větší než tlak pod tlapou dospělé sloní samice.

Na zahradě Matfyzu v Praze na Karlově jsme zopakovali legendární pokus, který do historie vstoupil pod názvem Magdeburské polokoule. Namísto koní jsme o odtržení polokoulí požádali několik pražských studentek.

