

## Jak se mění tlak s výškou ve vzduchu a s hloubkou ve vodě?

Pomocí citlivého tlakového senzoru změříte rozdíl tlaku vzduchu nad hlavou a u nohou a také hydrostatický tlak v různých hloubkách.

### Pomůcky

- citlivý tlakový senzor (barometr) [Vernier BAR-BTA](#)
- příslušenství k tlakovému senzoru [Vernier PS-ACC](#)
- datalogger [LabQuest 2](#) (lze též použít například rozhraní [Go!Link](#) a připojit senzor k PC)
- vysoká sklenice (aspoň 10 cm) nebo odměrný válec
- délkové měřidlo



### Úkoly

#### Jak se mění tlak vzduchu s výškou

Barometr je velmi citlivý, takže dokáže zaznamenat rozdíl tlaku vzduchu nad hlavou a u podlahy. Nicméně je to už na samé hranici citlivosti tohoto přístroje. Proto bude potřeba dělat odhady středních hodnot, okolo kterých hodnota tlaku osciluje.

1. Připojte barometr k LabQuestu. Na displeji se začne ukazovat aktuální hodnota tlaku.
2. Položte barometr na podlahu a chvíli pozorujte hodnoty na displeji. Budou nejspíše trochu „skákat“ okolo nějaké střední hodnoty. Tato hodnota může mít v čase tendenci ke snižování nebo zvyšování, protože tlak se poměrně rychle mění v závislosti na počasí. Určete odhadem střední hodnotu tlaku během několikasekundového měření.
3. Nyní tlakový senzor zvedněte nad hlavu a znovu odhadněte střední hodnotu.
4. Můžete několikrát zkusit barometr položit na zem a opět do vzduchu, abyste určili průměrný rozdíl tlaků u podlahy a nad hlavou.
5. Změřte rozdíl výšek (u podlahy a nad hlavou).
6. Ve vzduchu lze použít pro výpočet změny tlaku stejný vzorec jako pro vodu ( $\Delta p = \Delta h \cdot \rho \cdot g$ ). Lze to tak udělat jen pro malé rozdíly výšek, kdy nehraje velkou roli změna hustoty vzduchu s výškou. Odhadněte pomocí tohoto vztahu teoretickou změnu tlaku vzduchu mezi podlahou a místem nad hlavou, kam dosáhne ruka s barometrem. Porovnejte odhad s měřením.

## Jak se mění hydrostatický tlak vody s hloubkou

**Při tomto měření dbejte na to, aby se nikdy voda nedostala do vnitřní části barometru – došlo by k jeho poškození. Barometr je proto potřeba vždy držet nad hladinou vody.**

1. K barometru přišroubujte hadičku, která je součástí sady [Vernier PS-ACC](#).
2. Než hadičku ponoříte, klepněte na displeji LabQuestu na číslo s okamžitou hodnotou tlaku. V menu, které se objeví, vyberte vynulování senzoru. Tím dojde k odečtení atmosférického tlaku a to, co budete měřit při ponoření hadičky do vody, bude už jen nárůst tlaku způsobený hydrostatickým tlakem.
3. Nedopusťte, aby voda skrz hadičku natekla do barometru. Barometr vždy držte nad hladinou (voda do kopce nepoteče, ale z kopce by mohla).
4. Nořte konec hadičky do různých hloubek a sledujte změnu tlaku. Protože voda má přibližně tisíckrát větší hustotu než vzduch, je i změna tlaku s výškou přibližně tisíckrát větší než u předchozího měření se vzduchem.
5. Proveďte výpočet podobně jako v případě se vzduchem a porovnejte teoretickou hodnotu hydrostatického tlaku s měřením.

## Poznámky pro učitele

Citlivost barometru je 10 Pa, což znamená, že dokáže rozlišit dvě hodnoty tlaku, pokud se liší aspoň o 10 Pa. Nevyhnutelný šum elektronických čidel způsobuje, že hodnoty mírně kolísají. Průměrováním (stačí odhadem v hlavě při pozorování hodnot) se lze dobrat dobrého odhadu střední hodnoty tlaku.

Barometr je opatřen mikrometrickým šroubem přístupným přes malý otvor v těle senzoru. Tímto šroubem lze posouvat měřený tlak nahoru či dolů. Slouží to ke kalibraci barometru, aby mohl ukazovat tlak přepočítaný na hladinu moře v daném místě. Tlak měřený barometrem tedy nemusí v každém okamžiku přesně odpovídat skutečnému tlaku. Pro zmíněná měření jsou ale podstatné rozdíly tlaků, takže absolutní hodnota není tak důležitá.

Žáci pracují se vztahem  $\Delta p = \Delta h \cdot \rho \cdot g$ . Výšku (hloubku)  $h$  změří délkovým měřidlem. Tíhové zrychlení si nejspíše pamatují. Hustotu vzduchu a vody najdou v tabulkách nebo na internetu, pokud je neznají z hlavy.

Typická výška v prvním měření (se vzduchem) bude okolo dvou metrů. Vychází tak  $p = 2 \cdot 1,3 \cdot 9,8 \text{ Pa} = 25,5 \text{ Pa}$ . To je obvykle v dobré shodě s měřením.

Ve vodě je o tři řády vyšší hustota, proto je praktičtější počítat změnu tlaku na 1 centimetr hloubky:  
 $p = 0,01 \cdot 1000 \cdot 9,8 \text{ Pa} = 98 \text{ Pa}$

S každým centimetrem hloubky dojde tedy k nárůstu hydrostatického tlaku o zhruba 100 Pa. Barometr lze tak použít i jako hloubkoměr, velmi hezky to funguje.

Je dobré uvědomit si, že při použití barometru jako výškoměru (ve vzduchu) bude výše uvedený lineární vzorec fungovat jen přibližně a pro malé rozdíly výšek. V reálných podmínkách (letecká doprava apod.) je třeba zahrnout vliv počasí (teplota a vlhkost vzduchu, tlakové výše atd.) a také stlačitelnost vzduchu, tedy skutečnost, že s rostoucí výškou hustota vzduchu klesá.