

Barometr

Barometr ukazuje **aktuální tlak** (ne tlak přepočtený na hladinu moře).

Citlivost měření je 9 Pa. Skutečná hodnota tlaku je kvůli takzvanému šumu v intervalu ± 30 Pa od střední hodnoty, kterou barometr ukazuje.

Barometr **můžete kalibrovat** hodinářským šroubovákem. Můžete ho proto nastavit například tak, aby přeci jenom ukazoval v daném místě tlak přepočítaný na hladinu moře.

Atmosférický tlak se díky změnám počasí poměrně rychle mění (běžně o jednotky až desítky Pa za minutu). Při měření s tím musíme počítat.

A Měření aktuálního tlaku

1. **Připojte** barometr k LabQuestu.
2. **Nastavte frekvenci** měření na 10 Hz a **délku měření** na 100 s (přepněte na kartu senzorů nejvíc vlevo – ikonka měřáčku – a klikněte na jeden z obdélníčků Režim, Frekvence nebo Trvání po pravé straně).
3. **Spusťte měření** (zelené tlačítko „play“ vlevo dole na displeji, případně skutečné tlačítko „play“ pod displejem). LabQuest se sám přepne na kartu grafů a začne vykreslovat graf.
4. Po necelých dvou minutách měření skončí. Můžete si povšimnout, že hodnoty šumu (náhodné skákání hodnot nahoru a dolů) dosahují skutečně **zhruba ± 30 Pa**. I od oka se ovšem dají hodnoty velmi dobře zprůměrovat.
5. Pro získání přesnější statistiky vyberte v menu **Analýza** → **Statistika** a zatrhněte položku *Tlak*. Zjistíte maximální a minimální hodnoty, střední hodnotu, směrodatnou odchylku a počet provedených měření.
6. Zvolte v menu Graf → Parametry grafu. Pokud není plocha displeje dobře využita kvůli nevhodnému měřítku, můžete měřítko svislé osy upravit. V každém případě **zakažte spojování bodů**, graf tak získá na přehlednosti.
7. Povšimněte si diskrétního spektra hodnot. Klikáním do grafu můžete **zobrazovat jednotlivé změřené body** a vpravo odečítat hodnoty. Zjistíte tak citlivost barometru (oněch zmíněných 9 Pa).
8. **Zvolte Analýza** → **Fitovat křivku** → **Tlak**. Nastavte lineární fit. Uvidíte, zda zrovna teď tlak klesá, nebo stoupá. Směrnice grafu (označená *m*) vám dá kvantitativní představu o aktuální časové změně tlaku. Jak už bylo uvedeno výše, **tlak se prakticky neustále mění se změnami počasí**, změny běžně dosahují jednotek i desítek pascalů za minutu. Při práci s barometrem na to musíme brát zřetel.
9. **Připojte** k LabQuestu **flash disk**.
10. **Vyexportujte data** na flash disk.
11. Přeneste data **do tabulkového editoru**.
12. Zkuste krok 8 provést také v tabulkovém editoru.

B Změna tlaku s malou změnou výšky

Řádový odhad změny tlaku s malou změnou výšky

Hustota vzduchu je asi 1 kg na krychlový metr. To znamená, že **každý „metr vzduchu“ přispívá tlakem zhruba 10 Pa**. O tuto hodnotu by se tedy měl tlak s každým vystoupaným metrem snížit.

Měření změny tlaku s výškou

1. **Připojte** barometr k LabQuestu.
2. **Nastavte frekvenci** měření 1 Hz a **dobu měření** dostatečně dlouhou, abyste stihli projít školu od přízemí po nejvyšší patro.
3. **Projděte školu** od nejvyššího patra do nejnižšího a zase zpět.
4. Zobrazte v LabQuestu graf a **zjistěte rozdíl tlaků v horním a dolním patře**. **Odhadněte rozdíl výšek** na základě tlaku a porovnejte s jiným odhadem nebo měřením.

C Zkoumání hydrostatického tlaku pomocí barometru

Barometr lze použít také ke zkoumání hydrostatického tlaku ve vodě (teoreticky až do hloubky asi 2 m, prakticky ve třídě vystačíme s PET láhví).

Potřebujeme navíc **hadičku z doplňkové sady** k tlakovým sensorům (společnost Vernier tuto doplňkovou sadu označuje jako *Pressure Sensor Accessories Kit* s kódem PS-ACC; sada obsahuje také stříkačku se šroubovacím koncem a další vybavení pro nejrůznější experimenty s tlakem).

Podobnou úvahou jako u vzduchu dojdeme k tomu, že tlak ve vodě vzroste s každým centimetrem hloubky zhruba o 100 Pa.

Jak experimentovat

1. Před zahájením měření je vhodné pro toto měření **vynulovat tlak**, tedy vlastně dočasně prohlásit aktuální absolutní atmosférický tlak za nulový. Jinak by čidlo ukazovalo stále absolutní tlak, tedy součet hydrostatického a atmosférického.
 - a. Zapněte LabQuest a připojte k němu barometr. Dojde k automatické identifikaci senzoru.
 - b. Nyní se dotkněte displeje v místě, kde se zobrazuje aktuální hodnota tlaku (bude to okolo 100 kPa v závislosti na počasí a nadmořské výšce).
 - c. Klikněte ve vyskakovací nabídce na vynulovat – a je to.
2. Po celou dobu experimentování dávejte pozor na to, aby se barometr nenamočil. Vnitřek není konstruovaný na styk s vodou a trvale by se poškodil. **Držte barometr vždy nad vodní hladinou, hadičkou nesmí dovnitř natéct voda!**
3. Nalijte do PET láhve vodu, přišroubujte k barometru hadičku a ponořte **ústí hadičky do libovolné hloubky**. Na displeji můžete **odečítat hydrostatický tlak**, pravítkem můžete **měřit hloubku ponoru**. Natáčením hadičky do různých směrů lze demonstrovat **nezávislost tlaku na směru**. Pokud máte "křivé" nádoby, můžete demonstrovat také **hydrostatický paradox**.

4. Pokud máte více hadiček, případně pokud jste ochotni hadičku pečlivě čistit, můžete **zkusit také jiné kapaliny**, například olej, nasycený roztok soli, nasycený roztok cukru a podobně. Pro zajímavost přidáváme tabulku rozpustnosti soli a cukru ve vodě.

Barometr – přílohy

Roztoky soli a cukru ve vodě

Pokud budete chtít měřit hydrostatický tlak také v jiných kapalinách, může se vám hodit tabulka rozpustnosti soli a cukru ve vodě.

Všimněte si **silné závislosti rozpustnosti cukru na teplotě vody** – a **obrovské rozpustnosti cukru** ve vodě vůbec.

Zkoumání rozpustnosti může být pěkným **námětem na samostatnou (i domácí) práci** studentů.

Můžete si rovněž namíchat vlastní roztoky a nechat studenty, aby určovali (barometrem nebo jinými metodami) jejich hustotu.

Nebo můžete změřit hustotu (například studenty vlastnoručně vyrobeným hustoměrem) a nechat studenty vypočítat tlak v určité hloubce – a následně jejich výpočet ověřit měřením.

Tabulka rozpustnosti (ve 100 ml H₂O)		
teplota	NaCl (sůl)	sacharóza (cukr)
0 °C	35,7 g 16,5 ml	182 g 114,6 ml
20 °C	35,9 g 16,5 ml	202 g 127,2 ml
100 °C	39,2 g 18,1 ml	476 g 299,9 ml

Jak barometr funguje

Základním prvkem senzoru je membrána, která se v závislosti na změnách tlaku prohýbá (z jedné její strany je vakuum). Prohnutí membrány je následně převedeno na napětí, které po kalibraci lze vyhodnocovat jako absolutní tlak.

Tento barometr je původně navržen pro měření atmosférického tlaku a dodává se už nakalibrovaný. Dokáže měřit v rozsahu zhruba 80 kPa až asi 120 kPa. Citlivost měření je u LabQuestu (12bitové rozhraní) 9 Pa, ovšem šum signálu je vyšší, zhruba ± 30 Pa. Maximální tlak, při kterém se barometr ještě nepoškodí, je přibližně 200 kPa, tedy dvojnásobek atmosférického tlaku.

Absolutní tlak vs. tlak přepočítaný na hladinu moře

Barometr ukazuje skutečný tlak, tedy ne tlak přepočítaný na hladinu moře. Pomocí hodinářského šroubováčku lze ovšem nastavit kalibrační potenciometr v barometru tak, aby ukazoval tlak přepočítaný na hladinu moře v dané nadmořské výšce.

Mikroskopický pohled na tlak

Mikroskopický pohled na tlak plynu se dá dobře demonstrovat pomocí těchto apletů:

http://phet.colorado.edu/simulations/sims.php?sim=Gas_Properties

http://fyzweb.cz/materialy/aplety_hwang/ideal_gas/idealGas/idealGas_cz.html

Užitečné odkazy při práci s barometrem

Aktuální tlak ve stanici Praha – Libuš přepočtený na hladinu moře

http://www.chmi.cz/meteo/oap/oap_milos.html

Aktuální tlak na meteorologické stanici ČZU v Praze (není přepočítaný na hladinu moře)

<http://meteostanice.agrobiologie.cz/grafy.php?tab=tab-tlak&tabulka=samotna>

Tabulka hustot vzduchu v závislosti na tlaku a teplotě

<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=16&i=70&znamka=1>

Další možnosti a náměty

- Vezměte barometr na školní výlet po kopcích a jeskyních.
- Sledujte závislost tlaku na počasí.
- Vezměte barometr na exkurzi do dolů.
- Vezměte barometr do výškové budovy.
- Využijte barometr pro zkoumání stavové rovnice plynu ($pV = nRT$).