

PRACOVNÍ LIST – VZOROVÉ ŘEŠENÍ

VYUŽITÍ BAROMETRU K MĚŘENÍ VÝŠKOVÝCH ROZDÍLŮ A ODHADU HUSTOTY VZDUCHU

Datum měření:	Třída:
Jméno:	Spolupracovníci:
Laboratorní podmínky <ul style="list-style-type: none">• Teplota vzduchu:• Tlak vzduchu:• Vlhkost vzduchu:	

Úkoly

- Pomocí měření atmosférického tlaku odhadněte výšku budovy (nebo alespoň jednoho poschodí).
- Z naměřených hodnot atmosférického tlaku vypočtete hustotu vzduchu a porovnejte ji s tabulkovou hodnotou.

Pomůcky

- Smartphone či tablet s aplikací phyphox
- Vhodné délkové měřidlo (např. svinovací metr)

Teorie

Fyzikální veličina *tlak* (p) je definována jako podíl síly (F) působící kolmo na plochu a obsahu této plochy (S), tj. $p = \frac{F}{S}$. Představme si nyní plochu na povrchu Země¹ o jednotkovém obsahu (např. 1 m²). Sloupec vzduchu, který se nachází nad touto plochou, je k Zemi přitahován tíhovou silou, můžeme tedy hovořit o tlaku, který tento sloupec vyvolává. Speciálně zde používáme pojem *atmosférický tlak*. Pokud nebudeme uvažovat naši plochu na povrchu Země, ale v nějaké výšce h nad povrchem, je zřejmé, že hodnota atmosférického tlaku se zmenší, neboť nad plochou se nyní nachází sloupec vzduchu, který je nižší právě o h .

Pro výpočty využijeme vztahu pro *hydrostatický tlak*. Tento vztah dobře popisuje tlak, který vzniká silovým působením kapaliny v dané hloubce; přitom předpokládáme, že hustota kapaliny je všude stejná. Hydrostatický tlak je pak přímo úměrný hloubce. O plynech však obecně takové tvrzení říct nemůžeme. Hustota vzduchu není ve všech místech atmosféry

¹ Správně bychom měli uvést, že tato plocha bude zakřivená (je to malá část zemského povrchu, který je také zakřivený). Toto zakřivení však můžeme pro plochy o rozměrech zanedbatelných oproti rozměrům Země také zanedbat a považovat plochu za rovinu.

stejná² – směrem od Země hustota postupně klesá³ (jak dobře vědí horolezci). Pro malé změny výšky (což je i náš případ) však můžeme výše uvedené zanedbat a hustotu vzduchu považovat za stálou.

Postup

- 1) V aplikaci phyphox zapněte měření *Tlak* a změřte tlak vzduchu na podlaze a ve výšce 2 m nad podlahou. K naměření výšky použijte zvolené délkové měřidlo, případně lze k odhadu použít např. dveře (standardně mívají výšku právě 2 m).
- 2) Obě hodnoty tlaku zaznamenejte a určete z nich, jaký rozdíl atmosférických tlaků odpovídá výškovému rozdílu 1 m.
- 3) Proveďte takové měření, abyste pomocí právě zjištěného převodního vztahu určili výšku budovy či jednoho jejího patra. Nejprve si však dobře promyslete, v jakých místech budete tlak měřit. Pokud byste si nevěděli rady, zkuste budovu načrtnout a vyznačte, jakou výšku chcete měřit.
- 4) Připomeňte si vztah pro hydrostatický tlak a vysvětlete význam jednotlivých veličin.
- 5) Na základě předchozího vztahu a vašich naměřených hodnot vypočtete hustotu vzduchu a porovnejte ji s tabulkovou hodnotou.

Záznamový arch

Určení převodního vztahu mezi tlakem vzduchu a výškovým rozdílem

Tlak vzduchu na zemi: 988,40 hPa

Tlak vzduchu ve výšce 2 m nad zemí: 988,12 hPa

Rozdíl tlaků odpovídající změně výšky o 1 m: 14 Pa

Určení výšky budovy

Tlak vzduchu na nejnižším místě budovy: 990,10 hPa

Tlak vzduchu na nejvyšším místě budovy: 988,39 hPa

Výška budovy: 12,2 m

² Bude také záležet např. na teplotě, vlhkosti a dalších parametrech.

³ Pro více informací vyhledejte výraz „barometrická rovnice“.

Výpočet hustoty vzduchu

Vztah pro hydrostatický tlak: $p = \rho h g$

Hustotu vyjádříme ze vztahu pro hydrostatický tlak jako: $\rho = \frac{p}{h g}$

Dosaďte vámi naměřené hodnoty rozdílu tlaků a výšek a hustotu vypočítejte:

$$\rho = \frac{\Delta p}{\Delta h g} = \frac{171}{12,2 \cdot 9,81} \text{ kg/m}^3 \doteq 1,43 \text{ kg/m}^3$$

Hustota vzduchu podle tabulek/internetu při teplotě ve třídě: $1,2 \text{ kg/m}^3$ (při teplotě $20 \text{ }^\circ\text{C}$ u suchého vzduchu)

Závěrečné shrnutí:

- Podařilo se vám pomocí měření tlaku zjistit výšku budovy? Odpovídá tato hodnota skutečnosti? Navrhněte jiné způsoby měření výšky, kterými byste mohli svůj výsledek ověřit.
*Výšku lze změřit např. měřicím pásmem, laserovým měřidlem, kyvadlem atd.
Pokud je ve Vašich možnostech výšku ověřit jiným způsobem, proveďte to a porovnejte obě hodnoty. Pokud takovou možnost nemáte, odpovzte podle svého úsudku.*
- Jaká je zhruba odchylka vámi naměřené hodnoty od hodnoty tabulkové? Pokuste se určit jaké jsou hlavní zdroje nepřesností při měření.
Zde největší chyby vnáší barometr. Jestliže chybně určíme převodní vztah, vneseme do měření systematickou chybu, která ovlivní celé měření. Zde je však poměrně těžké se tomuto vyhnout, na některých zařízeních výstupní hodnota z barometru velmi osciluje. Řešením by mohlo být provést více měření a pro zjištění převodního vztahu je zprůměrovat.
- Rozmyslete si, za jakých podmínek bychom už hustotu vzduchu nemohli považovat za konstantní a porovnejte je s podmínkami, které panovaly při vašem měření.
Pokud by se během měření výrazně změnila vlhkost a teplota vzduchu, předpoklad konstantní hustoty vzduchu bude velmi slabý. To se typicky může stát při měření v terénu. Ve školním prostředí typicky lze považovat hustotu vzduchu

- Pokud vás toto měření zaujalo, můžete zkusit některou z následujících činností:
 - Měření v terénu, ideálně při vysokohorské turistice. Podle nadmořské výšky, kterou snadno najdete na mapě, lze ověřit míru přesnosti měření prostřednictvím barometru.
 - Pomocí vakuové svářečky fólií (používá se k lepšímu uskladnění potravin) můžete určit, jak „dobré“ vakuum dokáže ve skutečnosti vytvořit. Stačí do fólie vložit mobil se zapnutým barometrem, nechat zavakuovat a poté porovnat hodnotu tlaku s normálním atmosférickým tlakem.
 - Poněkud složitější je měření vyššího tlaku, než je atmosférický. Pokud věříte vodotěsnosti vašeho mobilu, můžete jej ponořit do vody (raději však přece jen v uzavíratelném igelitovém sáčku, případně zavakuovaný) a změřit tak např. hustotu vody nebo ověřit platnost vztahu pro hydrostatický tlak.