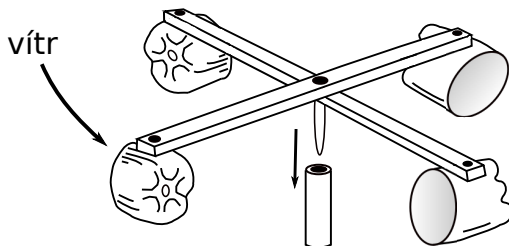


## Úloha V.E ... Amatérská anemometrie

7 bodů; (chybí statistiky)

Kačka si chtěla usušit vlasy fénem. Když ho zapojila do zásuvky, tak si uvědomila, že vlastně neví, jak rychlý je vzduch foukaný fénem na její vlasy. Napadlo ji, že by si to mohla změřit. Vyrobita si jednoduchý anemometr pomocí kříže ze špejlí s lopatkami, do kterých se může opírat vzduch. Anemometr poté umístila před zapnutý fén. Pomocí počtu otáček přístroje za jednotku času a poloměru lopatky zjistila, jak rychle fouká fén teplý vzduch na její vlasy.

Sestavte si i vy takový anemometr a změřte rychlost vzduchu vycházející z vašeho fénu<sup>1</sup>. K měření můžete použít i jinak tvarovaný přístroj, než jaký vidíte zde v zadání (v takovém případě nám zašlete jeho fotografii a stručný popis jeho výroby).



Pro změření rychlosti vzduchu nás asi hned nenapadne moc metod, které bychom mohli doma využít. V této úloze máme možnost si vyzkoušet velice jednoduchou metodu, jejíž obdobu využívají třeba i meteorologické stanice – anemometrie.

### Teorie

Vzduch proudící z fénu nám roztáčí přístroj a my můžeme sledovat jeho otáčky. Díky tomu máme možnost jednoduše dopočítat i rychlost jeho koncových bodů, a tudíž i rychlost samotného vzduchu

$$v = 2\pi fr,$$

kde  $f$  je námi měřená frekvence otáčení a  $r$  vzdálenost koncového bodu anemometru od jeho středu. Tento vzoreček jsme odvodili jako podíl uražené dráhy a času, kde jsme periodu vyjádřili pomocí její převrácené hodnoty, frekvence, tedy původně

$$v = \frac{o}{T} = \frac{2\pi r}{T}.$$

### Měření

Pro naše měření jsme zkonstruovali stejný anemometr jako na obrázku v zadání. Aby se nám s ním měřilo co nejlépe a výsledky byly co nejpřesnější, bylo potřeba, aby byly obě špejle stejně dlouhé a lopatky byly také totožné, ideálně odstřížené ze stejných plastových lahví. Používali jsme již starší fén o deklarovaném výkonu pouze 900 W, délka celé špejle byla 60 cm,

<sup>1</sup>V řešení uveďte jeho výkon.

poloměr otáčení tak byl 30 cm. Vzhledem k tomu, že jsou lopatky anemometru zhotovené jen z válcových lahví, jde o vzdálenost mezi osou otáčení anemometru a jejich středy. Uvedené rozměry můžeme považovat za přesné, protože na chybu měření budou mít jen velmi malý vliv.

## Výsledky

Pro výpočet rychlosti vzduchu jsme pouze potřebovali sledovat, jaká je frekvence otáčení anemometru. Ta se sice udává obvykle v Hz (neboli  $\text{s}^{-1}$ ), ale sledování počtu otáček za sekundu by pro nás bylo obtížné vzhledem k velikosti přístroje. Výsledky by pak byly nepřesné, a proto jsme sledovali počet otáček za celou minutu (měřeno stopkami) a ten potom pouze vydělili 60. I když jsme v měření nemuseli udělat zásadní chyby, fén jsme drželi stále rovně a neměnili měřicí přístroj, je žádoucí tento experiment zopakovat, abychom mohli vůbec získat lepší odhad na přesnost našeho měření. Výsledky celého experimentu uvádíme přehledně v tabulce 1.

Tab. 1: Počty otáček v jednotlivých měřeních. Počítány pouze ukončené otáčky.

Číslo měření	1	2	3	4	5	průměr
Počet otáček/[ $\text{min}^{-1}$ ]	153	150	156	155	155	$154 \pm 2$

Naměřili jsme, že náš přístroj vykoná zhruba 154 otáček za minutu, což je zhruba 2,6 otáček za sekundu. Po dosazení průměru tabulky do původního vzorečku tak dostaneme

$$v = (4,8 \pm 0,1) \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}.$$

## Závěr

Díky foukání na anemometr se nám podařilo naměřit, že rychlost vzduchu z fénu je  $v = (4,8 \pm 0,1) \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Podívejme se nyní na zdroje systematických chyb našeho měření. Anemometr vykazuje ztráty třením v ose, a tak jej fén není schopen roztočit na maximální rychlost. Proto je důležité, aby byl váš anemometr dostatečně lehký, a aby tak bylo snadné jeho lopatky proudem vzduchu unášet. Anemometr bude tím přesnější, čím vícekrát se dokáže ze setrvačnosti otočit, když do něj (třeba i proudem vzduchu) jen štouchneme. Dalším důležitým zdrojem nepřesnosti, který dále snižuje pravděpodobnou naměřenou hodnotu, jsou ztráty vzniklé mísením vzduchu z fénu s okolním vzduchem. To znamená, že lopatky jsou roztáčeny prouděním o nižší rychlosti, než jaká vychází z ústí fénu.

Prostým zdrojem nepřesnosti mohl být i fakt, že jsme počítali pouze počty ukončených otáček a neuvažovali jsme i dodatečné částečné pootočení, na kterém anemometr byl přesně po 60 sekundách. Na druhou stranu má ale průměrný naměřený počet otáček nejistotu vyšší než 1 (tj. náhodně vybraný údaj tabulky se od průměrné hodnoty odchyluje obecně více), což znamená, že by tím výsledná chyba nebyla příliš ovlivněna.

*Karolína Letochová*

---

Korespondenční seminář Výfuk je organizován studenty a přáteli MFF UK. Je zastřešen Oddělením propagace a mediální komunikace MFF UK a podporován Katedrou didaktiky fyziky MFF UK, jejími zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.  
Pro zobrazení kopie této licence navštivte <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.