

Kabinet výuky obecné fyziky, UK MFF

Fyzikální praktikum ...



Úloha č.

Název úlohy:

Jméno: Obor: FOF FAF FMUZV

Datum měření:

Datum odevzdání:

Připomínky opravujícího:

	Možný počet bodů	Udělený počet bodů
Práce při měření	0 - 5	
Teoretická část	0 - 1	
Výsledky měření	0 - 8	
Diskuse výsledků	0 - 4	
Závěr	0 - 1	
Seznam použité literatury	0 - 1	
Celkem	max. 20	

Posuzoval:.....

dne:

Pracovní úkoly

1. Proveďte kalibraci „optické sondy anemometru“. Použijte uspořádání navržené na obr. 4.6 – 5 v [1]. Parametry optické sondy získáte jednak měřením vzdálenosti interferenčních plošek v průsečíku laserových paprsků metodou projekce, jednak výpočtem z geometrie uspořádání. Oba výsledky porovnejte.
2. Připravte aparaturu k měření rychlosti částic. Zkontrolujte chod paprsků v detekční optice a vymeďte prostorovou dírkovou clonu.
3. Na základě průběhu dopplerovských signálů optimalizujte dopplerovský signál na proudění vody v kyteti.
4. Změřte frekvence dopplerovského signálu na souboru 60–80 částic. Převeďte hodnoty frekvence na hodnoty rychlostí. Graficky zpracujte rozložení rychlostí ve vodě formou histogramu. Histogram fitujte funkcí normálního rozdělení a z ní stanovte střední hodnotu rychlosti částic a standardní odchylku nalezeného rozdělení.
5. Diskutujte, jaký vliv na výsledek má to, že parametry optické sondy jsou měřeny ve vzduchu, zatímco měření rychlostí částic probíhá ve vodě.

Teoretická část

Kalibraci „optické sondy anemometru“ provedeme dvěma způsoby. Poprvé změříme přímo d_F vzdálenost dvou interferenčních plošek v průsečíku obou svazků pomocí projekce na stínítko.

Podruhé necháme oba svazky protnout a dopadnout na stínítko. Změříme d_g vzdálenost bodů na stínítku a l_g vzdálenost stínítka od průsečíku svazků. Úhel mezi svazky ϑ je pak dán

$$\tan \frac{\vartheta}{2} = \frac{d_g}{2l_g} \quad (1)$$

a

$$d_F = \frac{\lambda}{2 \sin \frac{\vartheta}{2}}, \quad (2)$$

kde $\lambda = 632,8 \text{ nm}$ je vlnová délka použitého laseru.

Aparaturu sestavíme jako v [1]. Budeme měřit rychlost částic ve vodě pomocí dopplerovského anemometru. Pokud má částice rychlost v_x ve směru osy x (viz [1], směr v rovině obou svazků, který je kolmý k jejich společnému směru), bude signál tvořen rázy o frekvenci

$$\nu = \frac{v_x}{d_F} = v_x \frac{2 \sin \frac{\vartheta}{2}}{\lambda_0}. \quad (3)$$

Používáme pouze standardní odchylku a chybu nepřímých měření veličin počítáme metodou přenosu chyb.

Výsledky měření

Provedli jsme kalibraci „optické sondy anemometru“ oběma metodami. Změřili jsme vzdálenost mezi 10 interferenčními proužky (10 mezer) $(0,28 \pm 0,02) \text{ mm}$, chybu odhadujeme s přihlédnutím k přesnosti mikrometru a metody. Změřili jsme $d_g = (2,50 \pm 0,05) \text{ cm}$ a $l_g = (116 \pm 1) \text{ cm}$. Dostali jsme vzdálenost interferenčních ploch

$$\begin{array}{ll} \text{měřením interferenčních proužků} & d_{F_i} = (28 \pm 2) \mu\text{m} \\ \text{z geometrie uspořádání} & d_{F_g} = (29,4 \pm 1,0) \mu\text{m} \end{array}$$

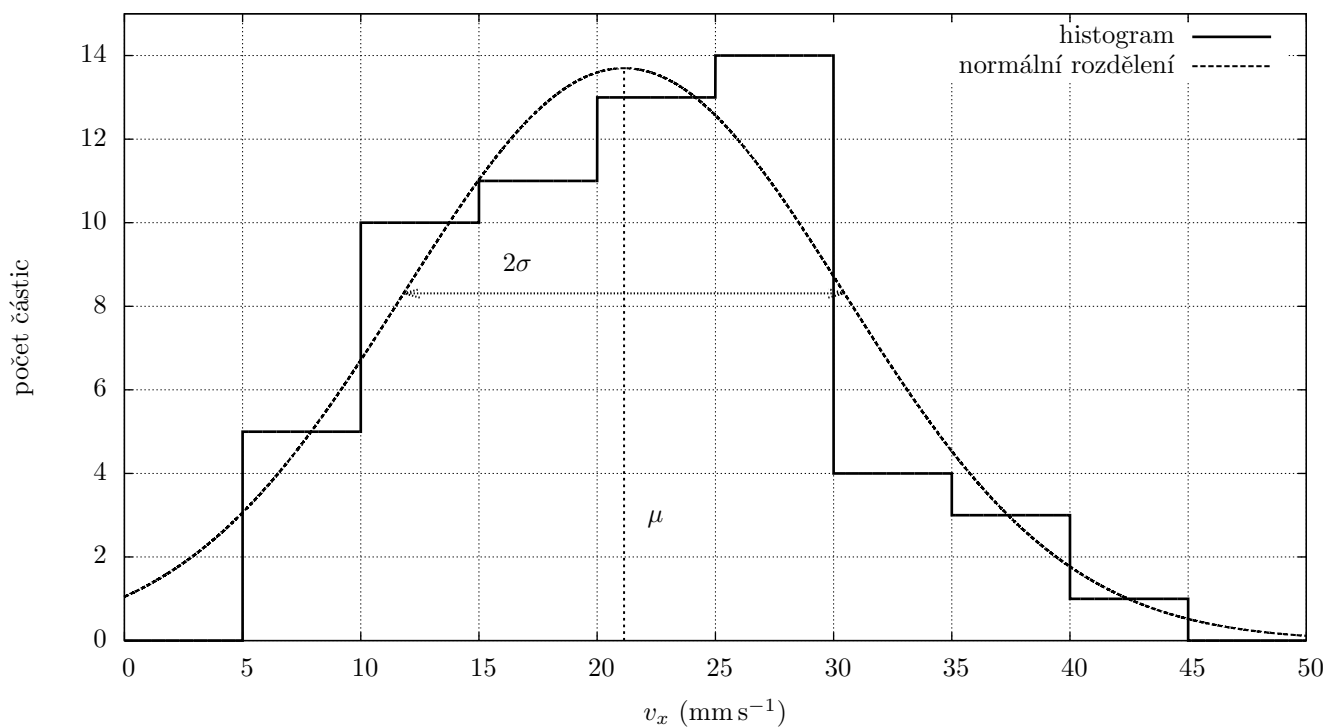
Protože se oba výsledky dobře shodují, budeme dále používat jejich průměr vážený chybou $d_F = (29 \pm 1) \mu\text{m}$.

Změřili jsme celkem 61 částic, naměřené hodnoty jsou v tabulce v příloze. Histogram rychlostí částic je v grafu 1. Histogram jsme v programu GNUPLOT fitovali funkcí normálního rozdělení

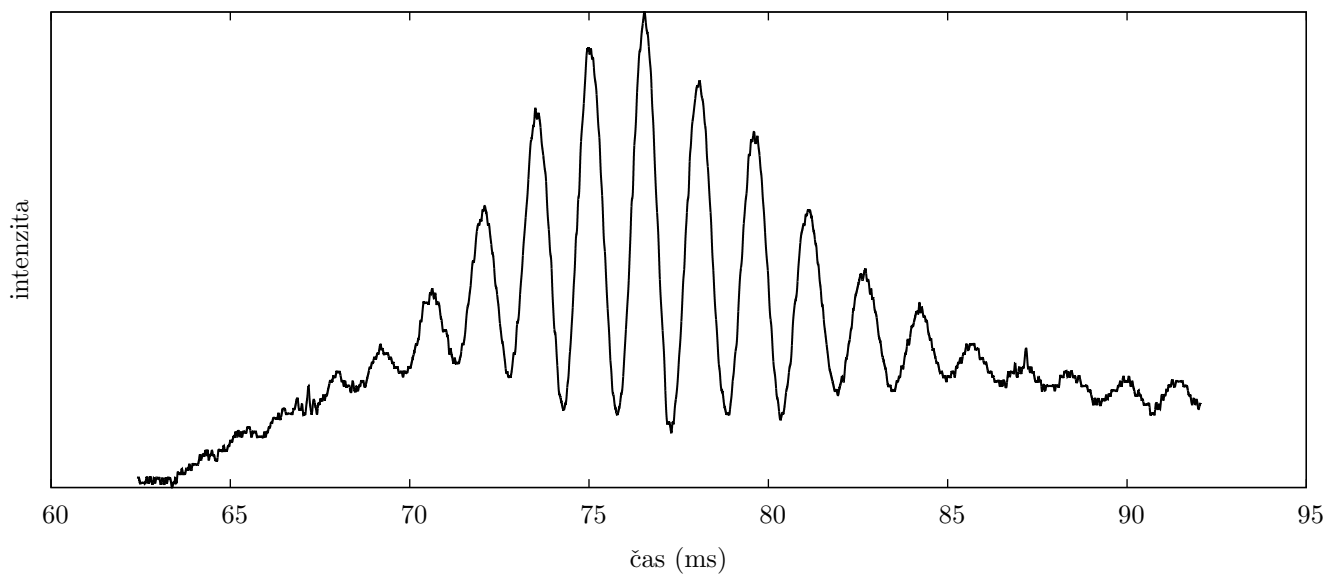
$$f(v_x) = A \cdot \exp \left(-\frac{(v_x - \mu)^2}{2\sigma^2} \right).$$

Výsledné parametry jsou

$$\begin{aligned} \mu &= (21,1 \pm 1,1) \text{ mm s}^{-1} \\ \sigma &= (9,3 \pm 1,2) \text{ mm s}^{-1} \end{aligned}$$



Graf 1: Histogram rychlostí částic



Graf 2: Pozorovaný diferenciální dopplerovský signál

Diskuze

Obě metody kalibrace "optické sondy anemometru" daly přibližně stejný výsledek. Geometrickou metodu považujeme za poněkud přesnější. Při projekční metodě vznikla chyba především při určování, zda je proužek již zakryt, nebo ne.

Během samotného měření se nepodařilo odizolovat periodický šum, který byl mnohokrát silnější než měřený signál. Pravděpodobně šlo o 50 Hz šum ze sítě. Tento šum do značné míry znemožnil měření. Byli jsme nuceni měřit i částice, které bychom za normálních okolností neměřili.

Histogram na grafu 1 příliš nepřipomíná normální rozdělení. Vinu připisujeme zmíněnému šumu a jím způsobeným problémům.

Voda má index lomu rozdílný od vzduchu, takže při přechodu se změní vlnová délka λ i úhel ϑ . Ve vzorci (2) ale tyto dvě změny působí proti sobě

$$d_F = \frac{\lambda'}{2} \frac{1}{\sin \frac{\vartheta'}{2}} = \frac{\lambda}{2n} \frac{n}{\sin \frac{\vartheta}{2}},$$

kde n je index lomu vody a čárkované veličiny značí hodnoty ve vodě. Skutečnost, že jsme "optickou sondu anemometru" kalibrovali ve vzduchu, tedy na výsledek nemá vliv.

Závěr

Provedli jsme kalibraci "optické sondy anemometru" dvěma metodami. Obě metody daly téměř shodné výsledky, vzdálenost interferenčních plošek v průsečíku je

$$d_F = (29 \pm 1) \mu\text{m}.$$

Měření rychlosti částic bylo poněkud neúspěšné (viz diskuze). Histogram na první pohled neodpovídá normálnímu rozdělení. Určili jsme střední rychlost μ částic a standardní odchylku σ rozdělení

$$\begin{aligned}\mu &= (21,1 \pm 1,1) \text{ mm s}^{-1} \\ \sigma &= (9,3 \pm 1,2) \text{ mm s}^{-1}\end{aligned}$$

Seznam použité literatury

1. *Základní fyzikální praktikum* [online]. [cit. 2016-04-06]. Dostupný z WWW: <http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/start>.