

# Határréteg mérése lézer-doppler anemométerrel

Készítették: Csécs Ákos és Lohász Máté, Balczó Márton

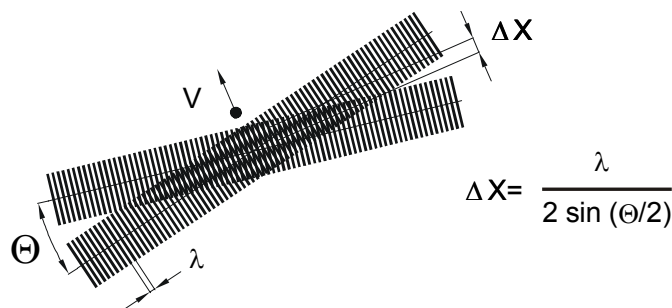
## Bevezetés

Az áramlások nagy része turbulens és fallal határolt térben történik. A falnál lejátszódó turbulens mozgásnak nagy a szerepe ilyenkor az áramlás dinamikájában. Jelen mérésben egy ilyen határréteg áramlást vizsgálunk mérésel: Az NPL szélcsatornába helyezett síklap felső felületén kialakuló határréteget mérjük lézer-doppler anemométer segítségével.

## A lézer-doppler anemométer

A lézeroptikai sebesség mérés egy nagy pontosságú, az áramlás megzavarása nélkül dolgozó, eljárás, amely az áramlási sebességet a Lézer Doppler Anemometria (LDA) elvét felhasználva határozza meg. A méréshez mindössze a mérőpont optikai megközelítése és az áramlást követő (0,8-100 $\mu$ m átmérőjű) részecskék bejuttatása szükséges.

A berendezés egy összetett optikai és egy több elemből álló elektronikai egységből épül fel. Az optikába érkező lézersugarat prizmák két sugárra osztják, amelyeket a lencse az áramlási tér egy pontjára fókuszál. A kialakuló mérőtér fogatban interferencia csíkrendszer jön létre. Ezen a világos és sötét zónákon haladnak keresztül a részecskék, miközben egy felvillanás sorozatot hoznak létre. Ez a szórt fény jut a lencsén és a fénycábelon keresztül a fotódetektorba, amely azt átalakítva egy periodikus villamosjelet továbbítja a jelfeldolgozóba. A kapott jel frekvenciája attól függ, hogy mekkora sebességgel halad át a részecske (az egymástól meghatározott távolságra elhelyezkedő) sötét és világos sávokon.



A lézersugarak metszéspontja és a létrejövő interferenciasávok

## Mérési feladat

A mérés során a tanszék NPL típusú szélcsatornájába elhelyezett síklap elejétől mért különböző távolságokban veszünk fel vertikális sebességprofilokat. (a fallal párhuzamos sebességkomponenst tudjuk mérni.)

# Kiértékelés

## Mérési jelek kiértékelése

Az LDA által kiadott adatsorból (áthaladó részecskék mért sebessége) egy mérési pont esetén kell átlagsebességet ill turbulenciafokot meghatározni.

Az átlagsebesség:

$$\bar{u} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n u$$

A sebesség tapasztalati szórása

$$u_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (u - \bar{u})^2}$$

A turbulenciafok:

$$Tu = \frac{u_{RMS}}{\bar{u}}$$

## Logaritmusos faltörvény állandóinak meghatározása

Ha ábrázoljuk a sebességet a faltávolság logaritmusának függvényében, észre vehetjük, hogy egy szakaszon közel lineáris a kapcsolat, tehát a sebességprofil a következő egyenlettel közelíthető:

$$u = a \ln y + b,$$

ahol  $u$  a folyadék sebessége,  $y$  a faltól mért távolság.

A hagyományos jelölésekkel a logaritmusos faltörvény a következő alakban írható:

$$\frac{u}{u_*} = \frac{1}{\kappa} \ln \frac{y}{\hat{z}} + B.$$

Itt  $u_* = \sqrt{\frac{\tau_f}{\rho_{lev}}}$  a súrlódási sebesség ( $\tau_f$  a fal csúsztató feszültség  $\rho_{lev}$  a folyadék sűrűsége)  $v$  a

folyadék kinematikai viszkozitása (a tanszék honlapjáról letölthető táblázatból kinézhető),  $\kappa$  a Kármán konstans,  $B$  az eltolás. A két egyenletet hasonló alakra írva látható, hogyan határozható meg  $u_*$  és  $B$  értéke, ha a Kármán konstansra az irodalomban szokásos értéket vesszük:  $\kappa = 0,41$ .

$$u = \frac{u_*}{\kappa} \ln y + u_* B + \frac{u_*}{\kappa} \ln \frac{u_*}{\hat{z}}$$

$a$  és  $b$  értékét a  $u(\ln y)$  függvénykapcsolat lineáris szakaszából határozzuk meg a legkisebb négyzetek módszerével (pl. Excellel). (Trendvonal illesztése) Ezek után már minden számítható:

$$a = \frac{u_*}{\kappa} \Rightarrow u_* \Rightarrow B$$

↑  
b

## Diagramok

Mivel meghatároztuk  $u^*$ -ot,  $y^+$  is meghatározható:

$$y^+ = \frac{y u_*}{\nu} \text{ és persze a dimenziótlan sebesség is: } u^+ = \frac{u}{u_*}$$

ezek ismeretében az  $u^+(y^+)$  kapcsolat (dimenziótlan sebességprofilok) ábrázolhatóak:

A dimenziótlan sebesség ábrázolása a dimenziótlan faltávolság függvényében (logaritmus léptékű abszcisszával). Ide be lehet rajzolni a  $y^+=30$ -as vonalat ami fölött a tapasztalatok szerint a logaritmikus kapcsolat fönnáll.

## Megjegyzés

Számonkérés témája:

- határreteg mérésből logaritmikus faltv. állandóinak meghatározása