

Áramlástan Tanszék

www.ara.bme.hu

Méréselőkészítő óra II.



Horváth Csaba horvath@ara.bme.hu
& **Nagy László** nagy@ara.bme.hu

M1 – M2

Várhegyi Zsolt varhegyi@ara.bme.hu

M3

Horváth Csaba horvath@ara.bme.hu

M4 – M10

Bebekár Éva berbekar@ara.bme.hu

M5 – M13

Rakái Anikó rakai@ara.bme.hu

M7 - M12

Benedek Tamás benedek@ara.bme.hu

M8 – M9

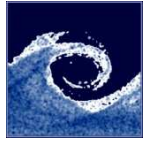
Hernádi Zoltán hernadi@ara.bme.hu

M11

Nagy László nagy@ara.bme.hu

2013.

Áramlástan Tanszék H-1111 Bertalan Lajos u. 4-6. „AE” épület



A mérési bizonytalanság meghatározása (hibaszámítás) I. Sebességmérés bizonytalansága

Prandtl-csővel mért dinamikusnyomás:

$$\Delta p_d = 486,2 \text{ Pa}$$

A labor kondíciója:

$$p = 1010 \text{ hPa} \quad ; \quad T = 22^\circ\text{C} \quad (295\text{K});$$

Levegő gázállandója

$$R = 287 \text{ J/kg/K}$$

$$v = \sqrt{\frac{2}{\rho_{lev}} \cdot \Delta p_d} \quad \rho_{lev} = \frac{p_0}{R \cdot T}$$

$$v = \sqrt{\frac{2}{p_0} \cdot \Delta p_d R T}$$

$$v = 28,45 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \rho_{lev} = 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

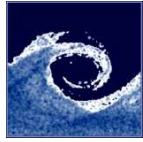
$$v = f(T, p_0, \Delta p_d, \text{állandók})$$

Hibával terhelt mennyiségek (X_i):

A légköri nyomás mérési hibája a leolvasási hibája $\delta p_0 = 100 \text{ Pa}$

A labor hőmérsékletének mérési hibája, $\delta T = 1 \text{ K}$

A Prandtl-csöves nyomásmérés hibája (EMB-001) $\delta(\Delta p_i) = 2 \text{ Pa}$



A mérési bizonytalanság meghatározása (hibaszámítás) II. Pl. a sebességmérés bizonytalansága

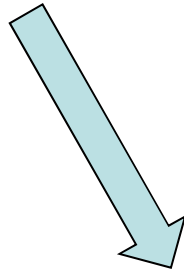
Általánosan abszolút hiba

$$\delta R = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\delta X_i \cdot \frac{\partial R}{\partial X_i} \right)^2} \quad \rightarrow \quad \delta v = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\delta X_i \cdot \frac{\partial v}{\partial X_i} \right)^2}$$

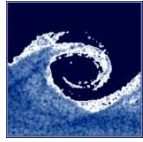
$$R = v$$

$$X_1 = T; X_2 = p_0; X_3 = \Delta p_d$$

(δp , δT , $\delta \Delta p_d$)



$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial v}{\partial T} = \sqrt{2R} \cdot \frac{1}{2} \cdot T^{-\frac{1}{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{p_0}} \cdot \sqrt{\Delta p_d} = 0,00366 \frac{m}{s \cdot K} \\ \frac{\partial v}{\partial p_0} = \sqrt{2R} \cdot \sqrt{T} \cdot \frac{-1}{2} \cdot p_0^{-\frac{3}{2}} \cdot \sqrt{\Delta p_d} = 1,4 \cdot 10^{-4} \frac{m}{s \cdot Pa} \\ \frac{\partial v}{\partial \Delta p_d} = \sqrt{2R} \cdot \sqrt{T} \cdot \frac{1}{\sqrt{p_0}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \Delta p_d^{-\frac{1}{2}} = 0,029 \frac{m}{s \cdot Pa} \end{array} \right.$$



A mérési bizonytalanság meghatározása (hibaszámítás) III. Pl. a térfogatáram bizonytalansága

A sebességmérés abszolút hibája:

$$\delta v = \sqrt{\left(\delta T \cdot \sqrt{\frac{2R}{p_0}} \Delta p_d \cdot \frac{1}{2} \cdot T^{-\frac{1}{2}} \right)^2 + \left(\delta p_0 \cdot \sqrt{2 \cdot R \cdot T} \cdot \Delta p_d \cdot \frac{-1}{2} \cdot p_0^{-\frac{3}{2}} \right)^2 + \left(\delta(\Delta p_d) \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot R \cdot T}{p_0}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \Delta p_d^{-\frac{1}{2}} \right)^2}$$

$$\delta v = 0,05977 \frac{m}{s}$$

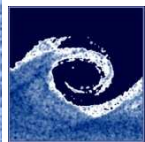
A sebességmérés relatív hibája:

$$\frac{\delta v}{v} = 0,0021 \cong 0,21\%$$

A sebességmérés számeredménye:

A jegyzőkönyvben is így kell dokumentálni!

$$v = 28,45 \pm 0,05977 \frac{m}{s}$$



Informális anyagok

www.ara.bme.hu/poseidon

login -> username: neptun kód (kis betűkkel),

password: NEPTUN KÓD (nagy betűkkel)

„Egyéb tantárgyinformációk”

BMEGEATAG11 -> magyar

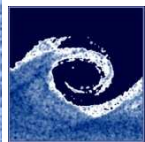
vagy www.ara.bme.hu

„Letöltés”

„Tantárgyak”

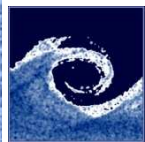
BMEGEATAG11 -> magyar

(AG11 / AG01 / AE01 / részben AT01)



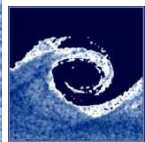
Felkészülés a mérésre

- A poseidon rendszerben meg kell néznie és le kell töltenie a mérésvezetőknek a számukra kijelölt mérési feladatot. (pl. M3/c).
- A mérőcsoport minden tagja olvassa el a mérési útmutatót.
- Kézzel írott mérési tervet kell készítenie a mérésvezetőnek a mérés kezdetére. A mérési tervnek a következő dolgokat kell tartalmaznia::
 - A mérőcsoport tagjairól információk (nevek, NEPTUN kód) megfelelő rubrika a jelenlét ellenőrzésére
 - Megfelelő hely minden oldalon, ahol a mérésvezető oktató aláírhatja a dokumentumot.
 - A mérés során felhasználni kívánt eszközök listája, megfelelő hely az eszközök gyári számának/azonosítójának feltüntetésére.
 - Táblázatok a mérési adatoknak, kiemelt hely a környezeti adatoknak (légtörnyomás, teremhőmérséklet)
 - A kiértékeléshez szükséges egyenletek, megfelelő hely az ellenőrző számítások elvégzéséhez.
 - Milliméter papír egy jellemző mennyiség felrajzolásához.



A mérés során

- A mérés kezdetén a mérést segítő oktató ellenőrizni fogja a kézzel írott mérési vázlatot. A mérés segítő oktató kérdésekkel ellenőrzi a mérőcsoport felkészültségét. A mérést vezető oktató a mérés során további kérdésekkel ellenőrzi a felkészültséget.
 - A felkészületlen mérőcsoportoknak a mérést meg kell ismételnie
- El kell végezni a mérési feladatot
- A mérőcsoportnak a mérés során egy Betz manométer segítségével ellenőriznie kell a digitális nyomásmérő működését
- A mérés során egy, a mérést segítő oktató által megjelölt mennyiséget milliméterpapíron ábrázolni kell. A rajzot a mérést vezető tanszéki oktató ellenőrizni fogja, amennyiben az nem megfelelő, a mérést meg kell ismételni.

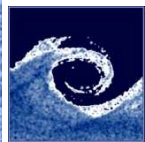


A mérési adatok kiértékelése és ellenőrzése I.

- A mérési adatok felhasználásával mérési jegyzőkönyvet kell készíteni.
- A mérések esetén a tanszéki honlapon elérhető egy ellenőrző felület, amin a számítások helyessége ellenőrizendő

www.ara.bme.hu/lab

- **Használata kötelező** (ha az adott méréshez elérhető ilyen űrlap)
- Csak a kiértékelés helyességét ellenőrizzük.
- **Ha a számítás helytelen:** újra kell próbálkozni
 - Nincs korlátozva a próbálkozások száma, de az összes hallgatói tevékenységet naplózzuk. A javító oktató figyelembe veheti a pontozásnál, hogy ki hányszor próbálkozott. (Fair use policy)
 - Az előző félévben minden mérésnél volt olyan hallgató, aki már az első kitöltéskor sikerrel járt.
- **Ha a számítás elfogadható:** a program egy ellenőrző kódot ad
 - Az ellenőrző kódot jegyzőkönyv fedőlapjára kell másolni!
 - A pontozásnál figyelembe vesszük a számítási hiba mértékét [%] és a próbálkozások számát – ezeket az ellenőrző kód tartalmazza!



A mérési adatok kiértékelése és ellenőrzése II.

- Példa:

Sajnos a számítása helytelen. Kérjük ellenőrizze a bevitt adatokat és próbálja Próbálkozások száma: 7.

* Beszívóelemen mért nyomásesés (3. térfogatáram):	300	[Pa]
* Mérőperemen mért nyomásesés (1. térfogatáram):	400	[Pa]
* Mérőperemen mért nyomásesés (2. térfogatáram):	500	[Pa]
* Mérőperemen mért nyomásesés (3. térfogatáram):	600	[Pa]

Származtatott mérési adatok

Hőmérséklet:	kihagy	[K]
* Levegő sűrűsége:	1.18	[kg/m ³]
* Levegő kinematikai viszkozitása:	1.507e-5	[m ² /s]

Elfogadva!

Elfogadva!

Kalibráció (1. térfogatáram)

Mérőperem átfolyási tényező, C (1. lépés):	0.6	[-]
Térfogatáram (1. lépés szerint):	kihagy	[m ³ /s]
Sebeség (1. lépés szerint):	kihagy	[m/s]
* Reynolds-szám (1. lépés szerint):	30e3	[-]
Mérőperem átfolyási tényező, C (2. lépés):	kihagy	[-]
* Mérőperem átfolyási tényező, C (végleges):	0.65	[-]
* Térfogatáram (végleges):	0.025	[m ³ /s]
* Beáramlási tényező:	1.8	[-]

Elfogadva!

Pontatlan számítási eredmény!

Elfogadva!

Pontatlan számítási eredmény!

Pontatlan számítási eredmény!

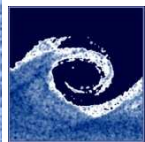
- Néhány (szürke) mezőt nem kötelező kitölteni.
- Ha a számítás helytelen, érdemes ezeket is beírni – ez segíthet megtalálni a számítási hiba okát!

Kalibráció (2. térfogatáram)

Mérőperem átfolyási tényező, C (1. lépés):	0.6	[-]
Térfogatáram (1. lépés szerint):	kihagy	[m ³ /s]
Sebeség (1. lépés szerint):	kihagy	[m/s]
* Reynolds-szám (1. lépés szerint):	31e3	[-]

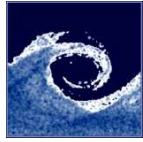
Elfogadva!

Elfogadva!



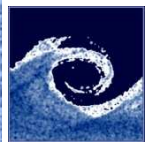
A mérési adatok kiértékelése és ellenőrzése III.

- A mérési eredményekből készített mérési jegyzőkönyvet a poseidon hálózatba kell feltölteni.
- A jegyzőkönyv feltöltési határideje a mérést követő második vasárnap éjféli.
- Lehetőség nyílik a mérésekkel kapcsolatban konzultációra, ezt célszerű a mérési jegyzőkönyvet javító oktatóval elvégezni. Az oktatók az általuk megjelölt konzultációs időpontban (heti 1-1 óra mérésenként) érhetők el.
- A mérések utolsó 15 percében lehetőség nyílik a mérést felügyelő oktatókkal és demonstrátorokkal konzultálni, amire a mérésen nem résztvevők is bejöhetnek.



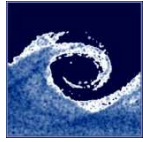
A mérési adatok kiértékelése

- A mérési jegyzőkönyvek követelményei
 - A mérési jegyzőkönyvek első lapja egy előírt (letölthető) fedlap kell legyen
 - Ezen kívül 6 oldalban kell az eredményeket összefoglalni.
 - A mérési jegyzőkönyv kötelező mellékletébe kell kerüljön a mérés során kiegészített jegyzet scannelt formában
 - A feltöltött jegyzőkönyvhöz csatolni kell azt az excel (vagy egyéb táblázatkezelővel készült) táblázatot, amiben az elvégzett számítások találhatóak
- **NAGYON FONTOS, HOGY A MÉRÉSI JEGYZŐKÖNYVEK ÖNÁLLÓ MUNKÁT TARTALMAZZANAK, VAGY MÁSOLÁS ESETÉN MEGADOTT FORRÁSÚ ELEMÉKET. AKI NEM MEGENGEDETT FORRÁSOKAT HASZNÁL FEL, SZÁMOLNIA KELL AZ ETIKAI ELJÁRÁSSAL ÉS A FELFÜGGESZTÉSSEL!**



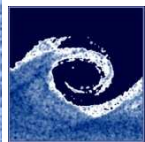
A mérési adatok kiértékelése

- A jegyzőkönyvek értékelését 2 napon belül az adott mérésért felelős oktató értékeli. Amennyiben javításra van szükség a javítást követő vasárnap éjfélig feltölthető egy javított jegyzőkönyv. Ezek után újabb javítás nem megengedett.
- Előfordulhat, hogy a mérésről készített prezentációt a leadási határidő előtt kell megtartani (ritkán). Ebben az esetben a mérési jegyzőkönyvet célszerű a prezentáció előtt elkészíteni.



Prezentáció

- Mintaprezentáció letölthető a honlapról
- 8 perces előadás
- A mérés összefoglalása
- A személyes mérési feladat ismertetése
- Mérőberendezés és eszközök ismertetése
- Hibaszámítás ismertetése
- Kiértékelés összefoglalása
- Eredmények megjelenítése
- A mérés összefoglalása / értékelés



Ellenőrzés

Menetrend a mérésen:

- felkészült a mérésre: feladat, neptunkó, név, mérés leírása, kérés feladat, mm papír, aláírás. ELLENŐRZÉS
- oktató 1-2 kérdéssel ellenőrzi a felkészülést ELLENŐRZÉS
- labor (p, T) mérése rögzítése ELLENŐRZÉS
- Betz manométer ELLENŐRZÉS az oktató 1. alkalommal SEGÍTI!
- a mérésnél bármely oktató, demonstrátor lehet kérdezni
- leltár ellenőrzés a ládában. A ládát az oktató nyitja és zárja. Az oktató ad nyomásmérőt.

Konzultáció

- konzultáció a dedikált oktatónál a fogadó óra alatt. (előtte (!) lehet kérdezni a szakosztályt is)
- mérés jk ellenőrizni lehet a www.ara.bme.hu/lab (ha létezik)
- ha minden rendben van akkor fel kell tölteni a www.ara.bme.hu/poseidon pdf + xls
- pdf = „vezeteknev_NEPTUNKOD_A_SZ_14-16_paros_M5.pdf