

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Áramlástan Tanszék

Méréselőkészítő óra II.

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

M1 – M2

Várhegyi Zsolt varhegyi@ara.bme.hu

M3 – M11

Horváth Csaba horvath@ara.bme.hu

M4 – M10

Varga Árpád varga@ara.bme.hu

M5 – M13

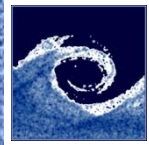
Balczó Márton balczo@ara.bme.hu

M7 - M12

Benedek Tamás benedek@ara.bme.hu

M8 – M9

Farkas Balázs farkas@ara.bme.hu



Informális anyagok

www.ara.bme.hu/poseidon

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

password: NEPTUN KÓD (nagy betűkkel)

„Egyéb tantárgyinformációk”

BMEGEATAG11 -> magyar

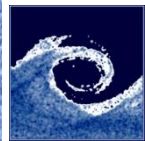
vagy www.ara.bme.hu

„Letöltés”

„Tantárgyak”

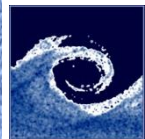
BMEGEATAG11 ->magyar

(AG11 / AG01 / AE01 / részben AT01)



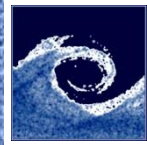
Felkészülés a mérésre

- A poseidon rendszerben meg kell nézni és le kell tölteni kijelölt mérési feladatot. (pl. M3/c).
- A mérőcsoport minden tagja olvassa el és értse meg 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 (légköri nyomás, 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.

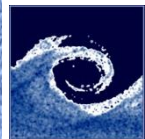


A mérések után

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

www.ara.bme.hu/lab

- **Használata kötelező.** Csak az egyenletek helyes alkalmazását ellenőrizzük.
- **Ha a számítás helytelen:** újra kell próbálkozni
 - Nincs korlátozva a próbálkozások száma, de az összes hallgatói tevékenységet naplózva van. A javító oktató figyelembe veheti a pontozásnál, hogy ki hányszor próbálkozott. (Fair use policy)
 - Előző félévekben 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.



A mérések után

- 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!

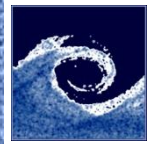
Kalibráció (2. térfogatáram)

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!

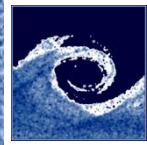
Elfogadva!

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



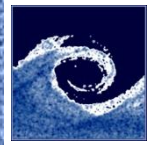
A mérések után

- A számítások elfogadása után, a mérési eredményekből készített mérési jegyzőkönyvet a poseidon hálózatba kell feltölteni.
- A jegyzőkönyv feltöltési határideje a mérést követő második vasárnap éjfélig.
- Konzultáció
 - 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. Időpontokat a tanszéki honlapon lehet megtalálni.
 - A mérések utolsó 15 percében lehetőség nyílik a mérést felügyelő oktatókkal és demonstrátorokkal konzultálni, amire a mérésen nem résztvevők is bejöhetnek.



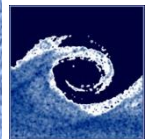
A mérések után

- A mérési jegyzőkönyvek követelményei
 - A mérési jegyzőkönyvek első lapja egy előírt (letölthető) fedőlap kell legyen
 - Ezen kívül 6 oldalban kell az eredményeket összefoglalni.
 - A mérési jegyzőkönyv kötelező mellékletébe kell kerüljön a mérés során kiegészített kézzel írott jegyzet scannelt formában
 - A feltöltött zip fájlnak tartalmaznia kell a jegyzőkönyvhöz készített excel (vagy egyéb táblázatkezelővel készült) táblázatot, amiben az elvégzett számítások találhatóak, meg a jegyzőkönyv pdf formátumú fájlját.
- **NAGYON FONTOS, HOGY A MÉRÉSI JEGYZŐKÖNYVEK ÖNÁLLÓ MUNKÁT TARTALMAZZANAK, VAGY MÁSOLÁS ESETÉN MEGADOTT FORRÁSÚ ELEMÉKET. AKI NEM MEGENGEDETT FORRÁSOKAT HASZNÁL FEL, VAGY MÁSNAK A MUNKÁJÁT MÁSOLJA, AZ A DÉKÁNI HIVATAL ÉS AZ ETIKAI BIZOTTSÁGNÁL LESZ FELJELENTVE, A TVSz SZABÁLYAI SZERINT.**



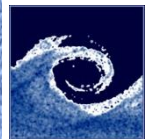
A mérések után

- A jegyzőkönyvek értékelését 2 munka 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



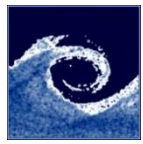
Ellenőrzés

Mérésen:

- felkészült a mérésre (kézzel írott mérési terv): feladat, neptunkód, név, mérés dokumentáció, kérés feladat, mm papír, aláírás. ELLENŐRZÉS
- oktató 1-2 kérdéssel ellenőrzi a felkészülést ELLENŐRZÉS
- labor (p_0 , T_0) mérése rögzítése mérés elején és végén ELLENŐRZÉS
- Kalibrálni Betz manométerhez ELLENŐRZÉS
- a mérésnél bármely oktatótól, demonstrátortól lehet kérdezni, de érdemes attól aki vezeti a mérést
- leltár ellenőrzés a ládában. A ládát az oktató nyitja és zárja. Az oktató add nyomásmérőt és kicseréli a lemerült digitális nyomásmérőket. Ne csatlakoztassák a digitális manométereket a töltőkre!

Konzultáció

- konzultáció a dedikált oktatónál a fogadó óra alatt. (előtte (!) lehet kérdezni a szakosztályt is)
- mérés jk számításainak ellenőrzése www.ara.bme.hu/lab
- ha minden rendben van, fel kell tölteni: www.ara.bme.hu/poseidon pdf + xls
- pdf elnevezés=
vezeteknev_NEPTUNKOD_AvagyB_NAP_ido_PAROSvagyPARATLAN_M#.pdf



Hibaszámítás I.

Példa: Sebességmérés bizonytalanság

Dinamikus nyomást mérünk egy Prandtl -cső segítségével:

$$p_d = 486.2 \text{ Pa}$$

A labor jellemzői:

$$p_0 = 1010 \text{ hPa} \quad ; \quad T = 20^\circ \text{C} \quad (293 \text{ K});$$

Levegő specifikus gáz állandója

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

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

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

$$v = 28.45 \frac{m}{s} \quad \rho_{air} = 1.2 \frac{kg}{m^3}$$

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

Hibával terhelt értékek (X_i):

-A légköri nyomás mérési bizonytalansága a leolvasási hibából származik:

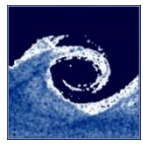
$$\delta p_0 = 100 \text{ Pa}$$

- A labor hőmérsékletének mérési bizonytalansága:

$$\delta T = 1 \text{ K}$$

- A nyomás mérési bizonytalansága, ha Prandtl -cső és EMB-0XY digitális manométert használunk:

$$\delta(\Delta p_i) = 2 \text{ Pa}$$



Hibaszámítás II.

Példa: Sebességmérés bizonytalanság

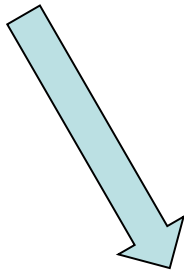
Az abszolút hiba számítása:

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

$$R = v$$

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

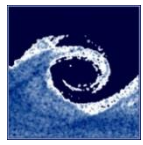
$$(\delta p, \delta T, \delta(\Delta p_d))$$



$$\frac{\partial v}{\partial T} = \sqrt{2R} \cdot \frac{1}{2} \cdot T^{-\frac{1}{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{p_0}} \cdot \sqrt{\Delta p_d} = 0,00366 \frac{m}{s \cdot K}$$

$$\frac{\partial v}{\partial p_0} = \sqrt{2R} \cdot \sqrt{T} \cdot \frac{-1}{2} \cdot p_0^{-\frac{3}{2}} \cdot \sqrt{\Delta p_d} = 1,4 \cdot 10^{-4} \frac{m}{s \cdot Pa}$$

$$\frac{\partial v}{\partial \Delta p_d} = \sqrt{2R} \cdot \sqrt{T} \cdot \frac{1}{\sqrt{p_0}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \Delta p_d^{-\frac{1}{2}} = 0,029 \frac{m}{s \cdot Pa}$$



Hibaszámítás III.

Példa: Sebességmérés bizonytalanság

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:

$$\frac{\delta v}{v} = 0.0021 = 0.21\%$$

A mért sebesség értéke:

$$v = 28.45 \pm 0.05977 \frac{m}{s}$$