

BMEGEÁTAM13 KORSZERŰ ÁRAMLÁSMÉRÉS I.

ZÁRTHELYIHEZ GYAKORLÓ ELMÉLETI KÉRDÉSEK

1. Ismertesse a folyadékkitérés elvén működő nyomásmérést! (elv, eszközök, előnyök/hátrányok, pontosság, vázlatrajz)
2. Rajzolja fel egy általános mérési összeállítást: egy adott közeg csőbeli áramlása esetén mérjük a Δp statikus nyomáskülönbséget adott mérőfolyadékkal töltött U-csöves manométerrel. Írja fel a manométer egyensúlyi egyenletet és fejezze ki a Δp nyomáskülönbséget (paraméteresen)! Elemezze a kifejezést közeg és mérőfolyadék jellemzők, mérési elrendezés tekintetében!
3. Rajzolja fel egy általános mérési összeállítást: egy adott közeg csőbeli áramlása esetén mérjük a Δp statikus nyomáskülönbséget adott mérőfolyadékkal töltött fordított U-csöves manométerrel. Írja fel a manométer egyensúlyi egyenletet és fejezze ki a Δp nyomáskülönbséget (paraméteresen)! Elemezze a kifejezést közeg és mérőfolyadék jellemzők, mérési elrendezés tekintetében!
4. Ferdecsőves manométer: vázlatrajz, működési elv szavakban leírva, elérhető mérési felbontás.
5. Görbecsőves manométer vázlatrajz, működési elv szavakban leírva, elérhető mérési felbontás.
6. Betz-rendszerű manométer: vázlatrajz, működési elv szavakban leírva, elérhető mérési felbontás.
7. Ismertesse, milyen módszerekkel csökkenthető a folyadékkitérés elvén működő nyomásmérés mérési bizonytalansága! (U-csöves, ferdecsőves, görbecsőves)
8. Ismertesse a statikus nyomás mérését, vázlatrajzzal. Statikus nyomásmérő furat (helyes, helytelen) kialakításának követelményei, ábrával, magyarázattal. Milyen hibákat követhetünk el a statikus nyomás mérése során?
9. Ismertesse a dinamikus nyomás mérését, vázlatrajzzal. Milyen hibákat követhetünk el a statikus nyomás mérése során?
10. Ismertesse a dinamikus nyomás mérésén alapuló áramlási sebesség mérést! (elv, eszközök, előnyök/hátrányok, pontosság, vázlatrajz)
11. Pitot-cső, Prandtl-cső: működési elv vázlatrajzzal, 1-1 alkalmazási példa indoklással.
12. Hengerszonda, ötlükű szonda: működési elv vázlatrajzzal, 1-1 alkalmazási példa indoklással.
13. Ismertesse a pontonkénti sebességen alapuló térfogatáram mérést nem kör keresztmetszetű vezetékben! (elv, eszközök, előnyök/hátrányok, pontosság, vázlatrajz)
14. Ismertesse a pontonkénti sebességen alapuló térfogatáram mérést kör keresztmetszetű vezetékben! (elv, eszközök, előnyök/hátrányok, pontosság, vázlatrajz)
15. Hogyan lehet egy referencia nyomás mérésével a változó üzemállapotra korrekciót alkalmazni, ha Prandtl-csővel mért sebességprofil alapján számítunk csőbeli térfogatáramot?
16. Ismertesse vázlatrajzzal a Venturi-mérő, mint szűkítőelemes térfogatáram-mérés elvét! Adja meg a térfogatáram kiszámításához szükséges összefüggést, melyben közölje minden mennyiség nevét és mértékegységét! Értékelje a módszert előnyök/hátrányok tekintetében!
17. Ismertesse vázlatrajzzal a mérőperemet, mint szűkítőelemes térfogatáram-mérés elvét és mutassa be eszközeit! Adja meg a térfogatáram kiszámításához szükséges összefüggést mindegyik esetében, melyben közölje minden mennyiség nevét és mértékegységét! Értékelje a különböző módszereket előnyök/hátrányok tekintetében!
18. Melyek a mérőperem alkalmazásának fő korlátai az ISO 5167-2 szabvány szerint? (csőátmérő, átmérőviszony stb. tekintetében)
19. Milyen különböző mérőperem nyomásmegcsapolás-típusokat ismer az ISO 5167-2 szabvány szerint? Ismertesse vázlatrajzzal!
20. Ismertesse miért szükséges iterációs eljárás az átfolyó mérőperemmel mért térfogatáram kiszámításához!
21. Hasonlítsa össze és értékelje a sebességmérésre visszavezetett és szűkítőelemes térfogatáram-mérési módszereket a mért rendszerbe való beavatkozás szempontjából! Magyarázatához készítsen ábrát a rendszer jelleggörbéjéről, felölve a munkapont változást!
22. Hasonlítsa össze és értékelje a sebességmérésre visszavezetett és szűkítőelemes térfogatáram-mérési módszereket az instacionárius folyamatok lekövetése, költségek, előírások, pontosság szempontjából).

ZÁRTHELYIHEZ GYAKORLÓ SZÁMPÉLDÁK

1. Definiálja és számítsa ki egy Prandtl-csöves sebességmérés mérési bizonytalanságát (a sebességérték abszolút és relatív hibájának kiszámításával), ha a mért sebesség 4m/s , a nyomást $\pm 0,5\text{Pa}$ pontossággal olvastuk le a digitális manométerről, levegő áramlik, a környezeti nyomás $p_0=99500\text{Pa}\pm 100\text{Pa}$ és a hőmérséklet $t_0=17^\circ\text{C}\pm 1^\circ\text{C}$! ($R=287\text{ J}/(\text{kgK})$). A megadott \pm értékek az adott mennyiség mérési bizonytalanságát jelölik. ($g=9,81\text{N}/\text{kg}$)
2. Definiálja és számítsa ki egy Pitot-csöves szabadsugár sebességmérés mérési bizonytalanságát (a sebességérték abszolút és relatív hibájának kiszámításával), ha a mért sebesség 35m/s , a Pitot-cső kivezetésére kapcsolt nyomásmérőn olvastuk le a nyomáskülönbség értékét. A nyomásmérés bizonytalansága $\pm 2\text{Pa}$. Levegő áramlik ($R=287\text{ J}/(\text{kgK})$), a környezeti nyomás $p_0=100400\text{Pa}\pm 100\text{Pa}$ és a hőmérséklet $t_0=27^\circ\text{C}\pm 1^\circ\text{C}$! A megadott \pm értékek az adott mennyiség mérési bizonytalanságát jelölik. ($g=9,81\text{N}/\text{kg}$)
3. Kollégánk Prandtl-csővel mért térfogatáramot egy $D=500\text{mm}$ átmérőjű csővezetékben a szabványos 10-pont módszerrel. A mérés végeztével a kimért sebességprofil ábrázoljuk, és sajnos ebből kiderül, hogy az 5. és 6. mérési pontban valószínűleg a Prandtl-cső feje nem volt párhuzamos a cső tengellyel, így újra kell mérni azokat. Számítsa ki, hogy milyen benyújtási hossz ($S_5=?\text{ mm}$; $S_6=?\text{ mm}$) tartozik ezekhez a mérési pontokhoz!
4. Számítsa ki egy ventilátor szívóoldalára szerelt beszívó mérőperemmel mért térfogatáram értékét és mérési bizonytalanságát (a térfogatáram abszolút és relatív hibájának kiszámításával)! Adatok: a szívócső átmérője $200\text{mm}\pm 0,5\text{mm}$, a mérőperem nyílásátmérője $80\text{mm}\pm 0,05\text{mm}$, a közeg összenyomhatatlannak tekinthető, levegő ($R=287\text{ J}/(\text{kgK})$), környezeti nyomás $p_0=1011\text{hPa}\pm 1\text{hPa}$, levegő hőmérséklet $t_0=27^\circ\text{C}\pm 1^\circ\text{C}$, a mérőperemen mért nyomáskülönbség $400\text{Pa}\pm 1\text{Pa}$. A megadott \pm értékek az adott mennyiség mérési bizonytalanságát jelölik. ($g=9,81\text{N}/\text{kg}$)
5. Egy térfogatáram-mérő szondába szabványos Venturi-mérő van beépítve, melynek nem ismerjük a β átmérőviszonyát és a szonda sem szedhető szét, hogy lemérjük. A szondát használni szeretnénk, ezért méréssel kell meghatározni a legszűkebb keresztmetszet d átmérőjét az alábbiak szerint. A szonda csővezeték $D=14\text{mm}$ belső átmérőjű mérőszakaszban átáramló közeg víz ($\rho_{\text{víz}}=1000\text{kg}/\text{m}^3$), a Venturi-mérő nyomásmegcsapolásaira kötött fordított U-csöves manométerrel nyomáskülönbséggel arányos kitérést mérünk, miközben köbözéssel meghatározzuk a szondán átáramló víz mennyiségét. A két pontban elvégzett köbözés adatai: 1. mérési pont adatok: $\Delta h_1=367\text{v.o.mm}$, $\Delta t_1=42,0\text{s}$ alatt $m_1=4,468\text{kg}$ tömegű vizet mérünk. 2. mérési pont adatok: $\Delta h_2=319\text{v.o.mm}$, $\Delta t_2=16,8\text{s}$ alatt $m_2=5,278\text{kg}$ tömegű vizet mérünk. ($g=9,81\text{N}/\text{kg}$) Számítsa ki a Venturi-mérő legszűkebb keresztmetszetének $d[\text{mm}]$ átmérőjét és adja meg a szonda β átmérőviszonyát!
6. Definiálja és számítsa ki egy könyök-mérővel mért térfogatáram mérési bizonytalanságát (a térfogatáram abszolút és relatív hibájának kiszámításával), ha a mért nyomáskülönbség $500\text{Pa}\pm 2\text{Pa}$, a csővezeték $D=160\text{mm}\pm 0,5\text{mm}$ állandó átmérőjű kör keresztmetszetű, a vízszintes tengelyű könyökidom 90° -os ($R_{\text{belső}}=90\text{mm}\pm 0,5\text{mm}$, $R_{\text{külső}}=250\text{mm}\pm 0,5\text{mm}$, az áramló közeg víz ($\rho_{\text{víz}}=1000\text{kg}/\text{m}^3$). A megadott \pm értékek az adott mennyiség mérési bizonytalanságát jelölik. ($g=9,81\text{N}/\text{kg}$)
7. Egy más által végzett mérés jegyzőkönyvében az alábbiak szerepelnek: levegő szabadsugár adott pontjában a sebességmérés eredményeként: $v=36\text{m/s}\pm 0,36\text{m/s}$. A sebességmérésről tudjuk, hogy Pitot-csővel végezték, melyre kapcsolt kézi differenciálynomásmérőn olvasták a Δp nyomáskülönbség értékét. Levegő áramlik ($R=287\text{ J}/(\text{kgK})$), a környezeti nyomás értéke a mérési jegyzőkönyv szerint $p_0=100000\text{Pa}$ ($0,1\%$ rel. hibával mérve), a hőmérséklet $t_0=27,00^\circ\text{C}$ (a

hőmérséklet mérés hibája elhanyagolhatónak tekinthető). Hány %-os relatív hibájú differenciálynomásmérő műszert kell választanunk, ha ennél nagyobb pontossággal szeretnénk megismételni a sebességmérést?

8. Kollégánk a szabványos 10-pont módszert alkalmazva a térfogatáram-mérésre Prandtl-csővel mért sebességprofil egy $D=200\text{mm}$ átmérőjű csővezetékben. A mérés végeztével a kimért sebességprofilt mi ábrázoljuk, és sajnos ebből kiderül, hogy a 3. mérési pont hibás, valószínűleg a Prandtl-cső feje nem volt párhuzamos a cső tengellyel, így ott nekünk újra kell mérni.

a) Milyen benyújtási hossz ($S_3 = ? [\text{mm}]$) tartozik ehhez a 3. mérési ponthoz?

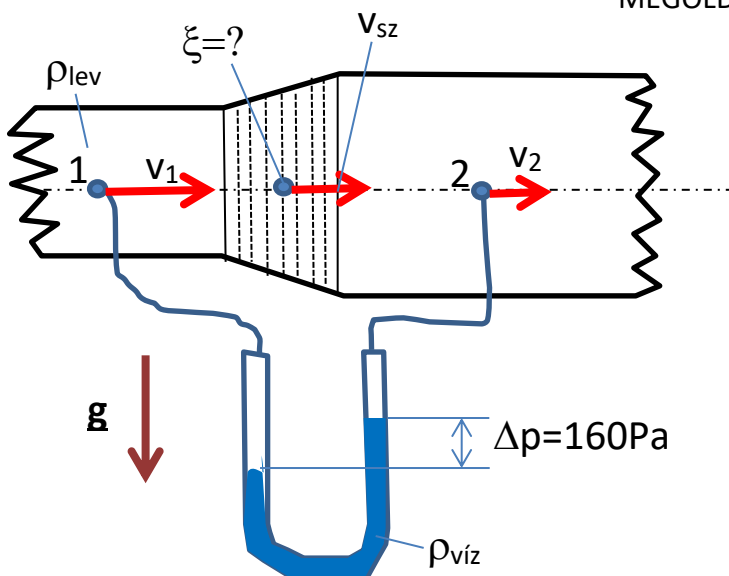
b) Számítással indokolja, hogy az alábbiak közül melyik Prandtl-csövet használhatta kollégánk! A rendelkezésre álló Prandtl-csőveink:

$\varnothing d$ [mm]	$\varnothing 4$	$\varnothing 6$	$\varnothing 8$	$\varnothing 12$	$\varnothing 15$	$\varnothing 25$
L [mm]	180	300	350	400	500	1000

9. Térfogatáram-mérőként alkalmazott szabványos Venturi-mérőre ismerjük a szonda cső $\varnothing D=14\text{mm}$ csőátmérőjét, de nem ismerjük a Venturi-cső legszűkebb keresztmetszetének átmérőjét ($\varnothing d = ?$), és így az átmérőviszonyát ($\beta = ?$) sem. A Venturi-mérőt használni szeretnénk, ezért méréssel kell meghatározni a legszűkebb keresztmetszet d átmérőjét az alábbiak szerint: az áramló közeg víz ($\rho_{\text{víz}}=1000\text{kg/m}^3$), a Venturi-mérő nyomásmegcsapolásaira kötött fordított U-csöves manométeren a Venturi-szakasz nyomáskülönbségével arányos $\Delta h=3611\text{v.o.mm}$ folyadékkitérést mérünk, miközben köbözéssel meghatározzuk a szondán átáramló víz mennyiségét. A köbözés adatai: $\Delta t=15,7\text{sec}$ alatt $m=5,252\text{kg}$ tömegű vizet mérünk. Stacioner állapot, $\rho = \text{áll.}$, $\rho_{\text{lev}} \ll \rho_{\text{víz}}$. Számítsa ki a Venturi-mérő legszűkebb keresztmetszetének $\varnothing d [\text{mm}]$ átmérőjét és adja meg a szonda β átmérőviszonyát!

10. Az ábrán látható vízszintes tengelyű csővezetékben lévő diffúzorban lévő szitasor ξ veszteségtényezőjét határozzuk meg méréssel. Levegő ($\rho_{\text{lev}}=1.2\text{kg/m}^3$) áramlik a csőben $v_1=10\text{m/s}$ sebességgel, a keresztmetszetviszony $A_2/A_1=2$. Az „1” és „2” keresztmetszetek között $\Delta p=160\text{Pa}$ statikus nyomáskülönbséget mérünk egy vízzel ($\rho_{\text{víz}}=1000\text{kg/m}^3$) töltött U-csöves manométerrel. A szitasoron átáramló levegő v_{sz} átlagsebessége közelíthető a $v_{\text{sz}}=(v_1+v_2)/2$ átlagértékkel. Határozza meg a ξ veszteségtényező értékét! (Feltételek: $\rho_{\text{lev}} \ll \rho_{\text{víz}}$; stacioner áramlás, összenyomhatatlan közeg, a csősúrlódási veszteség az „1”-„2” pontok között elhanyagolható, a ξ veszteségtényező a diffúzor és a szitasor együttes veszteségtényezőjének tekinthető.)

MEGOLDÁS



11. Térfogatáram mérésére kalibrálunk egy beszívó elemet egy Venturi mérő segítségével. Terveink szerint 6 pontban végezzük a kalibrálást. Az elérhető legnagyobb térfogatáram esetében a Venturi mérőn $\Delta p_V=248\text{Pa}$ nyomáskülönbséget, a beszívó elemen $\Delta p_B=290\text{Pa}$ nyomáskülönbséget mértünk. A geometriai adatok: a csővezeték átmérője $D=160\text{mm}$, a Venturi mérő szűkítési tényezője $\beta=0.5$, TOVÁBBI ADATOK: $\rho_{\text{levegő}}=1.2\text{ kg/m}^3$

KÉRDÉSEK:

- a., Adja meg a legnagyobb térfogatáram esetére a beszívó elem átfolyási számát!
- b., Számolja ki a hátralevő pontokra a beállítandó nyomásesést a Venturi mérőre úgy, hogy a kalibráció térfogatáramban egyenközű legyen!
12. Egy tolózár hidraulikai vizsgálata során nyomásméréseket végzünk. A tolózár előtti túlnyomás 1bar. A tolózár mögött több pontban mérjük a túlnyomást, közvetlenül a tolózarat követően és utána D csőátmérőnként. A mért adatok sorban: 100 Pa, 3000Pa, 6000Pa, 5000Pa, 4000Pa, 3000Pa. A tolózáron átáramló térfogatáram $q_V=400\text{l/s}$, a csővezeték átmérője $D=200\text{mm}$, az áramló közeg sűrűsége: $\rho_{\text{víz}}=1000\text{ kg/m}^3$.
Határozza meg a tolózár veszteség tényezőjét!