

## Labormérések minimumkérdései a B.Sc képzésben

1. Ismertesse a levegő sűrűség meghatározásának módját a légnyomás és a levegő hőmérséklet alapján! Adja meg a képletben szereplő mennyiségek jelentését és mértékegységét!

A levegő sűrűségének meghatározásakor az ideális gáztörvényből indulunk ki. Ezt a sűrűsége rendezve kapjuk az általánosan használt összefüggést:

$$\rho = \frac{p_0}{RT}, \text{ ahol:}$$

$\rho$ : levegő sűrűsége [ $\rho$ ] = kg / m<sup>3</sup>;

$p_0$ : légnyomás [ $p_0$ ] = Pa;

R: levegő specifikus gázállandója [R] = J / kg / K;

T: levegő hőmérséklete [T] = K.

2. Ismertesse a folyadékszint kitérés elvén működő nyomásmérőt ("U" csöves manométer)! Milyen összefüggéssel határozza meg a folyadékszint kitérésből a nyomáskülönbséget, ha a  $\rho_m$  sűrűségű mérőfolyadékkal töltött manométert egy vízszintes csővezeték két pontjára kötjük, ahol a csővezetékben víz áramlik, és a két pont között egy pillangószelep nyomásesést okoz?

Adja meg az összefüggésben szereplő mennyiségek jelentését és mértékegységét!

A manométer **U** alakú **üvegcsövében** valamilyen, a **nyomásközvetítő folyadékkal** (ami általában az a folyadék, aminek a nyomását mérjük, sűrűsége  $\rho_{ny}$ ) **nem keveredő mérőfolyadék** ( $\rho_m$ ) van. Ez leggyakrabban higany, víz vagy alkohol.

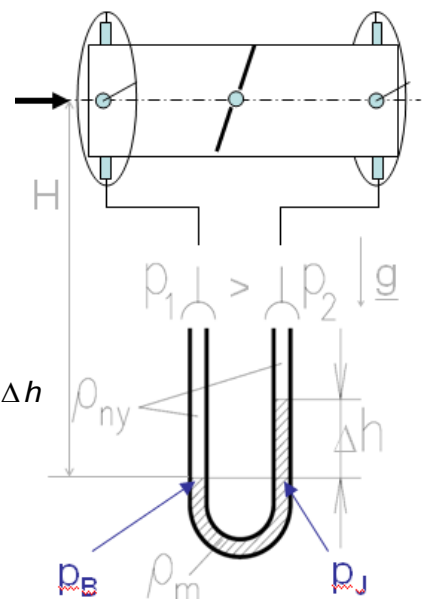
A **manométer egyensúlyi egyenletét az alsó közegeváltási szintre** ( $p_B, p_J$ ) kell felírni, ahol ezek a nyomások megegyeznek:

$$p_B = p_J$$

$$p_1 + \rho_{ny} g H = p_2 + \rho_{ny} g (H - \Delta h) + \rho_m g \Delta h$$

$$p_1 - p_2 = (\rho_m - \rho_{ny}) g \Delta h$$

$$\Delta p = (\rho_m - \rho_{ny}) g \Delta h$$



3. Mikor használjuk, és hogyan működik a fordított U csöves manométer?

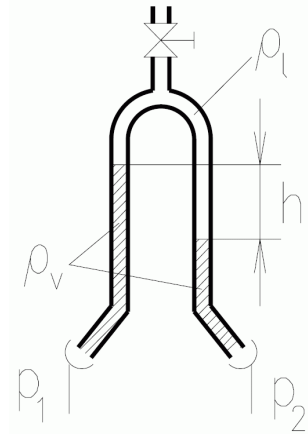
**Alkalmazása:**

Általában  **folyadékkal töltött csövekben alkalmazzák**, így a  **mérőfolyadék levegő** is lehet

Nagy előnye, hogy kisebb nyomáskülönbségeket sokkal  **pontosabban lehet vele mérni**, mint például a hagyományos U csöves manométerrel, így a  **relatív hiba csökken**.

**Működése:**

**Két (üveg)csőből áll**, amelyeket alul csatlakoznak a nyomáskivezetési helyekhez,  **felül pedig össze vannak kötve**. A  **felső részben elhelyezkedő levegő** mennyiségét (azaz a folyadékfelszínnek helyét) a manométer felső részén elhelyezett csap segítségével  **szabályozhatjuk**.



4. Sorolja fel és indokolja azokat a módszereket, amelyekkel a folyadékoszlop kitérésen alapuló manométerek leolvasásból adódó relatív hibája csökkenthető!

**1.) Mérés egyszeri leolvasással**

U csöves manométer hátrányos tulajdonsága, hogy kétszer kell leolvasni a folyadékoszlop magasságát. Ez elkerülhető, ha a másik üvegcsövet egy viszonylag nagy átmérőjű tartállyal helyettesítjük, ahol a folyadék lesüllyedése elhanyagolható.

**2.) Optikai módszerek alkalmazásával (Betz rendszerű mikromanométer)**

Optika segítségével a vízfelszín (mérőfolyadék) helyzetét pontosabban határozzuk meg, például a Betz manométer esetében 0,1 v.o.mm (vízoszlopmilliméter), azaz 0,981 Pa pontossággal, ami az U-csőves manométerhez képest 1/10-részt csökkenti a leolvasási pontatlanságot.

**3.) Adott nyomáshoz tartozó folyadékkitérés megnövelésével**

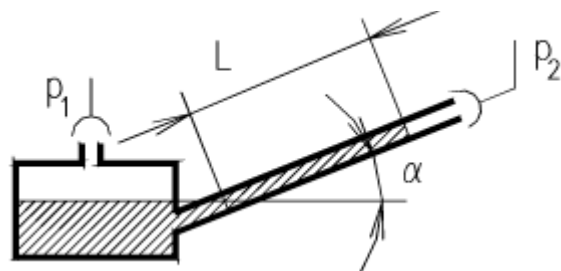
- **Mérőfolyadék sűrűségének csökkentése**

**Alkoholtöltésű manométer**- víz helyett alkoholtöltés esetében a kisebb sűrűség miatt a kitérés kb. 40%-kal nő. A módszer hátránya, hogy mivel a levegő nedvességtartalma oldódik az alkoholban, így annak sűrűsége időben változhat.

**Fordított U csöves manométer**- amennyiben az áramló közeg víz, és a mérendő nyomásértékek kicsik, a hagyományos higanyos manométer helyett alkalmazható, a hiba jelentősen csökkenthető.

- **Mikrométer szárának döntése**

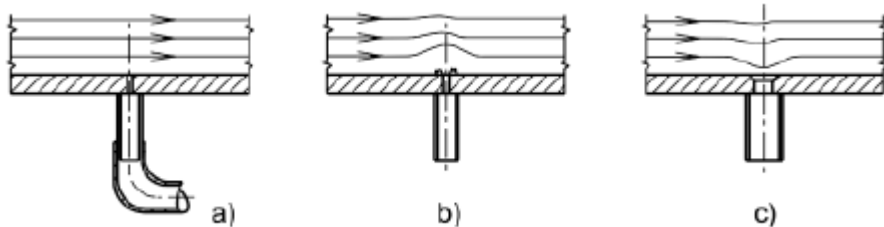
Ferdecsöves manométer esetén a folyadékoszlop kitérése  $L = H / \sin(\alpha)$ , így a kitérés növekedni fog a hagyományossal szemben, a relatív hiba pedig csökkenni.



5. Hogyan lehet megmérni egy áramlásban a statikus nyomást? Milyen módon vezetjük a nyomásmérő műszerhez egy csőben lévő statikus nyomást, ha a csőben valamilyen közeg áramlik?

Statikus nyomás mérése során alapkövetelmény, hogy a nyomásmérő furat **NE befolyásolja az áramlást**- például ne görbítse meg az áramvonalakat, így **nem lehet sorjás** a belseje, továbbá a furat belső élét **nem szabad letörni**.

**Mérése:** A cső falán egy 0,2-0,5 mm átmérőjű **nyomáskivezető furatot** készítünk, majd „**légtömör**” módon egy **nyomáskivezető csövet** rögzítünk a cső falának külső felületére a **furat köré**, amire ráhúzzuk a **rugalmas nyomáskivezető csövet** (pl. szilikoncső), ami a furatot összeköti a mikromanométerrel. A csövet az áramló közegnek teljes egészében ki kell töltenie, például víz esetén **nem maradhat légbuborék** a nyomáskivezető csőben.



6. Ismertesse az EMB-001 kézi digitális nyomásmérő műszer működési elvét és használatának módját!

A nyomásmérő eszköz egy **kétcsatornás**, piezoelektromos elven működő, **digitális nyomásmérő eszköz**, amely **két nagy érzékenységű beépített nyomástávadót** tartalmaz. **Az eszköz  $\Delta p = \pm 1250 \text{ Pa}$  tartományon belül 2 Pa pontossággal képes a nyomást mérni.** A műszerrel lehetőség van a **mért értékek folyamatos számítógépes rögzítésére** egy JAVA alkalmazás segítségével.

**Fontosabb nyomógombfunkciók:**

I / O: KI/BE kapcsolás

CH I / II: csatorna váltó

Fast / Slow: integrálási idő változtatása

0 Pa: nullázás, kalibrációnál a 0 Pa megadása

A mérési tartomány:  $\Delta p = \pm 1250 \text{ Pa}$

A mérési hiba:  $\delta \Delta p = 2 \text{ Pa}$



7. Ismertesse a statikus-, dinamikus- és össznyomás fogalmát (ahol van ilyen, a leíró összefüggést, az abban szereplő mennyiségek jelentését és mértékegységét), valamint mérésük módját!

**Statikus nyomás:** a zavartalanul áramló közegben uralkodó nyomás, jel.:  $p_\infty$ ,  $[p_\infty] = \text{Pa}$

**Össznyomás:** a torlóponthi nyomás (a megállított közeg nyomása), jel.:  $p_0 = p_t$ ,  $[p_0] = \text{Pa}$

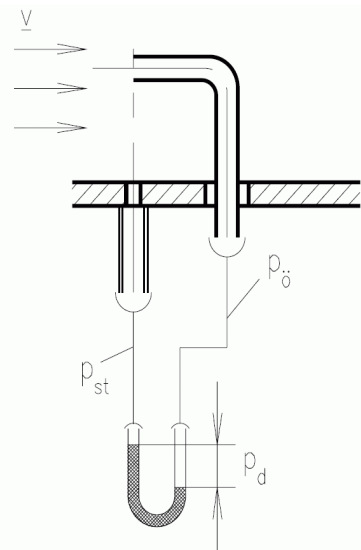
**Dinamikus nyomás:** az előbbi kettő különbsége,

jel.:  $p_d = \frac{\rho}{2} v_\infty^2$ , ahol  $v_\infty$  a zavartalanul áramló közeg

sebessége,  $\rho$  pedig a sűrűsége,  $[p_d] = \text{Pa}$

Statikus nyomást **nyomásmérő furat** segítségével, össznyomást **Pitot-csővel**, dinamikus nyomást pedig a **kettő különbségeként** mérünk. Ebben az esetben alapkövetelmény, hogy a nyomás az áramlási irányra merőlegesen ne változzon, **az áramvonalak nem lehetnek görbültek**. Ellenkező esetben **Prandtl-csővet** kell használni.

$$p_\infty + \frac{\rho}{2} v_\infty^2 = p_t = p_0$$



8. Írja fel a dinamikus nyomás képletét és ismertesse a változók jelentését és mértékegységét!

$$p_d = \frac{\rho}{2} v_\infty^2$$

$v_\infty$ : zavartalanul áramló közeg sebessége,  $[v_\infty] = \text{m/s}$

$\rho$ : zavartalanul áramló közeg a sűrűsége,  $[\rho] = \text{kg/m}^3$

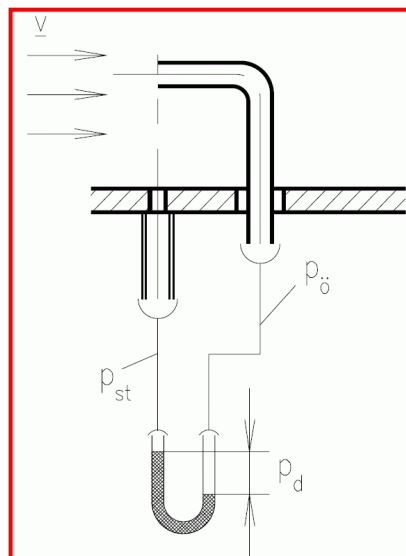
$p_d$ : dinamikus nyomás,  $[p_d] = \text{Pa}$

9. Ismertesse a Pitot-csőves sebességmérés módját, magyarázatát szemléltesse vázlatrajzzal!

A Pitot-cső tulajdonképpen egy áramlással szembefordított cső, amellyel a megállított közeg nyomását (**össznyomás**) lehet mérni. Amennyiben az áramvonalak **NEM görbültek**, mérni tudjuk a **statikus nyomást** a falon egy **nyomásmérő furat segítségével**. A kettő különbségeként adódik a **dinamikus nyomás**, amelyből a közeg jellemzőinek ismeretében a sebesség meghatározható:

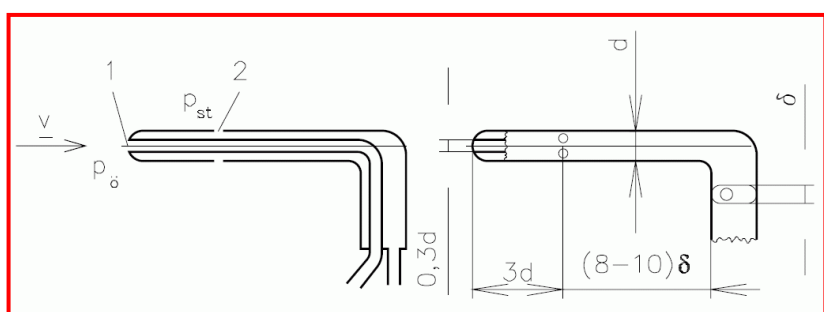
$$p_{\text{din}} = p_0 - p_{\text{st}};$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot p_{\text{din}}}{\rho}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho}}$$



10. Ismertesse a Prandtl-csöves sebességmérés módját! Magyarozatát szemléltesse vázlatrajzzal!

A Prandtl-cső két koncentrikusan elhelyezkedő csőből áll. A belső (Pitot) cső segítségével mérhető az össznyomás, míg a külső csőben a Prandtl-cső orrától meghatározott távolságban elhelyezett statikus nyomást mérő furatok találhatók. A cső alján lévő kivezetéseket egy manométer kivezetéseihez csatlakoztatva megkaphatjuk a dinamikus nyomás értékét, amiből az áramlási sebesség számítható.



11. Ismertesse a sebességmérésen alapuló térfogatáram mérési módszert kör és téglalap keresztmetszetű csövek esetén!

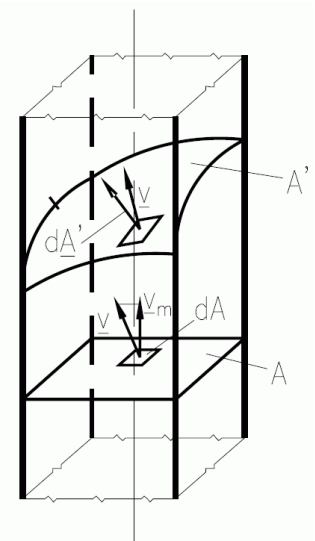
A méréseket csak **állandó üzemi állapotban** lehet végezni!!! Mindkét esetben az **össztérfogatáram az elemi térfogatáramok összegeként** adódik, a helyi áramlási sebességet **Prandtl-cső segítségével** mért dinamikus nyomásból számítjuk.

**Téglalap keresztmetszet:**

Ebben az esetben az **elemi felületdarabok megegyező nagyságúak**, továbbá a számítás során a **felületdarabra merőleges sebességkomponenssel** kell számolni:

$$q_v = \int_A \underline{v} dA = \sum_{i=1}^4 q_{v,i} \approx \sum_{i=1}^n v_{m,i} \Delta A_i =$$

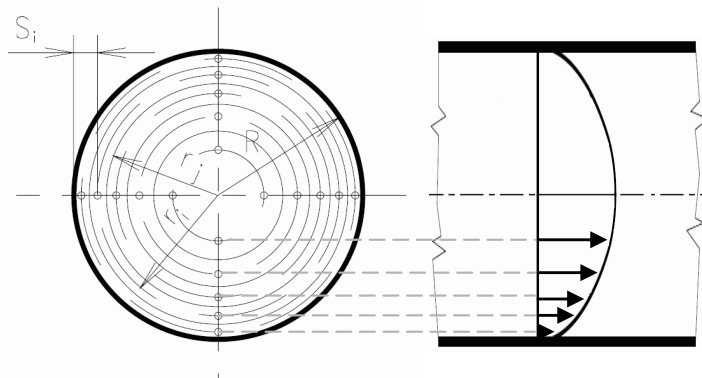
$$\frac{v_{m,1} A_1 + v_{m,2} A_2 + v_{m,3} A_3 + v_{m,4} A_4}{4} = A \bar{v}$$



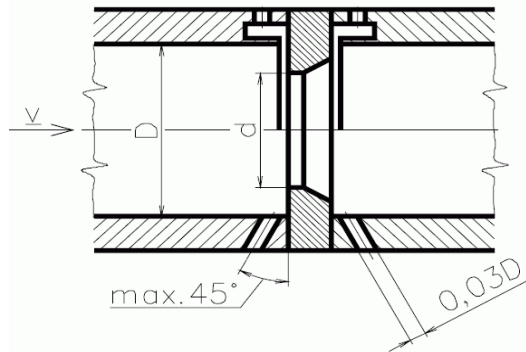
**Kör keresztmetszet:**

**10 pont módszer** során feltételezzük, hogy a **sebességeloszlás parabolikus**, és a mérési pontokat úgy kell felvenni, hogy a **körgyűrűk területe állandó** legyen.

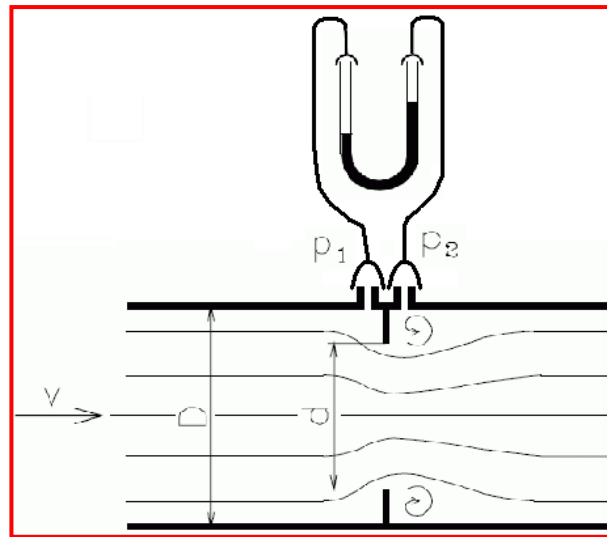
**6 pont módszer** esetében a turbulens profilt jobban közelítő 6 mérési pontot javasol.



12. Vázlattal ismertesse a mérőperemmel történő térfogatáram mérés elrendezését: a mérőperem, a nyomáskivezetések helyei, a nyomásmérő eszköz bekötése a nagyobb és kisebb nyomás megjelölésével.



A fenti ábra felső részén gyűrűkamra, az alsó részén furatok vezetnek ki a nyomást.



13. Írja fel a mérőperemmel történő térfogatáram meghatározására használt összefüggést és adja meg az ebben szereplő mennyiségek jelentését és mértékegységét. Magyarázatában térjen ki az átfolyási szám ( $\alpha$ ) megválasztásának módjára!

$$q_v = vA$$

$$q_v = \alpha \varepsilon \frac{d^2 \pi}{4} \sqrt{\frac{2 \Delta p}{\rho}}$$

$q_v$ : térfogatáram, [ $q_v$ ] =  $\text{m}^3/\text{s}$

$\alpha$ : átfolyási szám, [ $\alpha$ ] = -

$\varepsilon$ : expanziós szám, [ $\varepsilon$ ] = -

$d$ : a legszűkebb keresztmetszet átmérője, [ $d$ ] = m

$\Delta p$ : a manométer által mért nyomáskülönbség, [ $\Delta p$ ] = Pa

$\rho$ : az áramló közeg sűrűsége, [ $\rho$ ] =  $\text{kg} / \text{m}^3$

Az átfolyási és az expanziós számok meghatározása az alábbi képletek alapján történik:

$$\alpha = 0,5959 + 0,0312 \beta^{2,1} - 0,184 \beta^8 + 0,0029 \beta^{2,5} (10^6 / Re_D)^{0,75},$$

$$\varepsilon = 1 - (0,41 + 0,35 \beta^4) \frac{\Delta p}{\kappa p_1}.$$

, ahol:

$\beta$ : átmérőviszony,

$Re_D$ : Reynolds-szám,

$\kappa$ : izentrópikus kitevő

$\Delta p$ : a manométer által mért nyomáskülönbség.

14. Hasonlítsa össze előnyös és hátrányos tulajdonságaik alapján a sebességmérésen alapuló és a mérőperemes térfogatáram mérési módszereket!

| SZEMPONT                                 | SZÚKÍTÓELEMES  | SEBESSÉGMÉRÉSEN ALAP.  |
|--|--|--|
| 1/ Beavatkozás a rendszerbe              | “ - ”<br>Veszteségek $\Rightarrow$ az üzemi állapot módosulhat $\Leftrightarrow$ eleve betervezni a rendszerbe | “ + ”<br>Elhanyagolható (fali furatok)   |
| 2/ Időben változó üzemi állapot követése | “ + ”<br>Folyamatosan leköveti   | “ - ”<br>Nem követi (felületen összegez)<br>( $\Leftrightarrow$ korrekció..?)            |
| 3/ Előírások, követelmények              | “ - ”<br>Szigorúak (gyártás, beépítés, a rendszer leállítása...)   | “ + ”<br>Mérsékelt (nincsenek előírások, csak ajánlások; folyamatos rendszerüzem...)     |
| 4/ Költségek                             | “ - ”<br>Magasak (gyártás, beépítés; üzemeltetés: a veszteségek fedezése)                                      | “ + ”<br>Mérsékelt   |
| 5/ Pontosság                             | “ + ”<br>Fokozott (mérsékelt, szabványban szavatolt bizonytalanság)<br>Jogilag <u>védhető!</u>                 | “ - ”<br>Mérsékelt (a bizonytalanság mértéke nem szavatolt)<br>Jogilag <u>támadható!</u> |

15. Ismertesse a relatív és abszolút hiba fogalmát! Hogyan határozza meg egy több mért adatból számolt mennyiség mérésének relatív hibáját?

**Abszolút hiba:** Annak a tartománynak a mérete, amelyen belül a mérési eredmény értelmezhető.

**Relatív hiba:** Az abszolút hiba és a mért érték hányadosa,

**Több mért adatból számolt mennyiség relatív hibája:**

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

R a mért adatokból számított mennyiség,

$X_i$ -k az n darab mért mennyiség

$\delta X_i$ -k a mért mennyiségek relatív hibái

$\delta R$  a mért adatokból számított mennyiség abszolút hibája