

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 sűrűségre rendezve kapjuk az általánosan használt összefüggést:

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

ρ : levegő sűrűsége [ρ] = kg / m³;

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 ρ_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 ρ_{ny}) **nem keveredő mérőfolyadék** (ρ_m) van. Ez leggyakrabban higany, víz vagy alkohol.

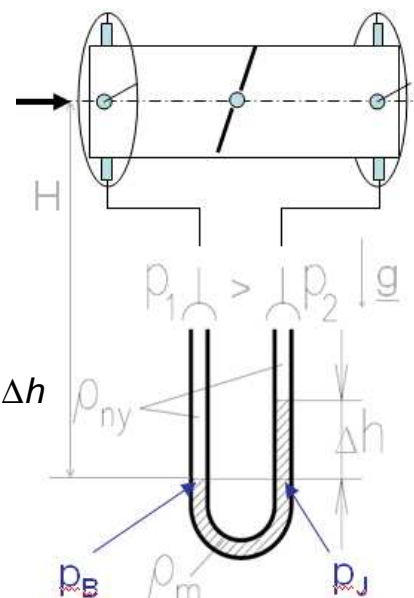
A manométer egyensúlyi egyenletét az alsó közegváltási szintre (p_B , p_J) kell felírni, ahol ezek a nyomások megegyeznek:

$$p_B = p_J$$

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

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

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



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

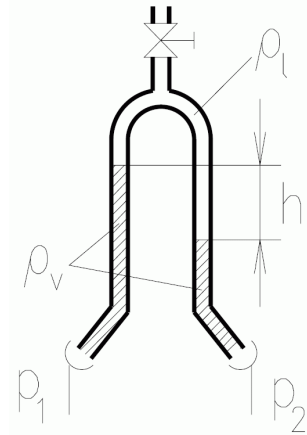
Alkalmazása:

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 higanytöltésű 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-csöves manométerhez képest 1/10-részére csökkenti a leolvasási pontatlanságot.

3.) Adott nyomáshoz tartozó folyadékkitérés megnövelésével

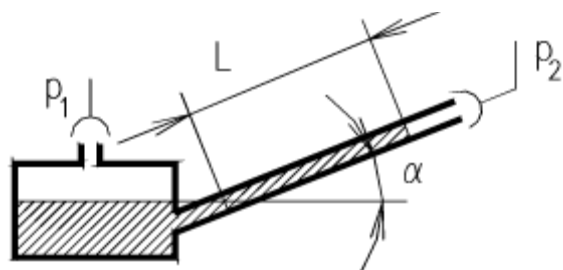
- **Mérőfolyadék sűrűségének csökkentése**

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. 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_∞ , $[p_\infty] = \text{Pa}$

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

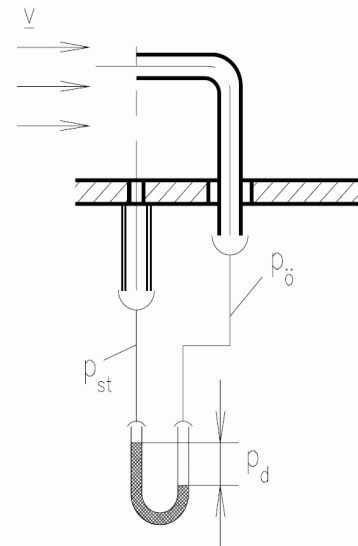
Dinamikus nyomás: az előbbi kettő különbsége,

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

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

Statikus nyomást **nyomásmérő furat** segítségével, össznyomást **Pitot-csővel**, dinamikus nyomást pedig a **kettő különbségként** 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.

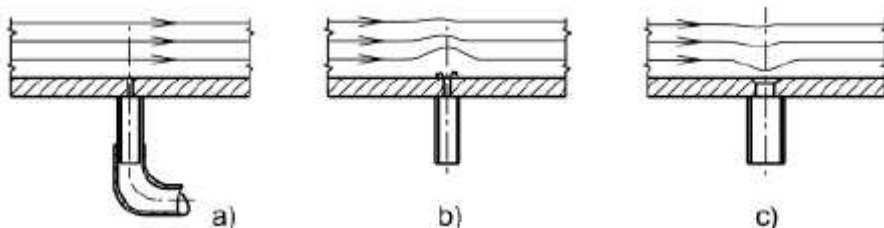
$$p_\infty + \frac{\rho}{2} v_\infty^2 = p_t = p_0$$



6. 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.

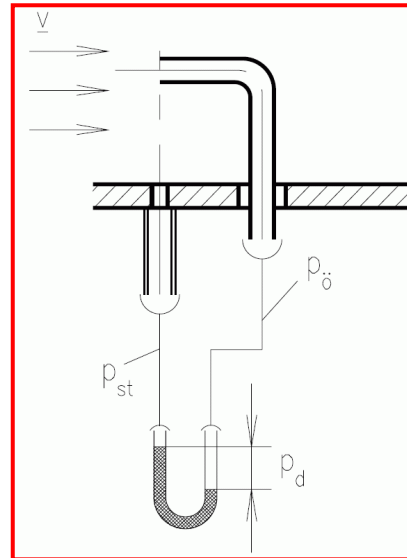


7. Ismertesse a Pitot-csőves sebességmérés módját, magyarázatát szemléltesse vázlatrajzzal!

A Pitot-cső tulajdonképpen egy áramlással szembe fordított 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 különbségként adódik a **dinamikus nyomás**, amelyből a közeg jellemzőinek ismeretében a sebesség meghatározható:

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

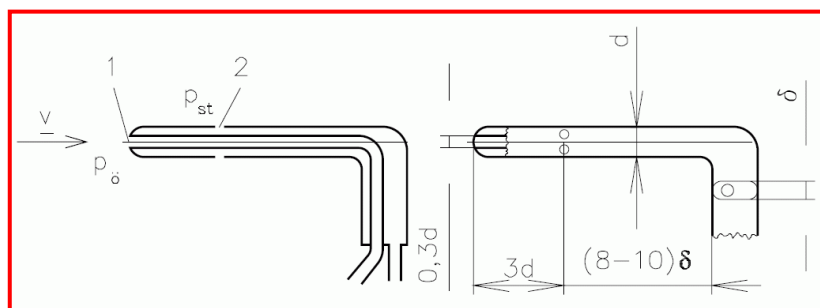
$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot p_{\text{din}}}{\rho}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho}}$$



8. Ismertesse a Prandtl-csőves sebességmérés módját! Magyarázatát 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 találhatóak. A cső alján lévő kivezetéseket egy manométer kivezetéseihez csatlakoztatva megkaphatjuk a **dinamikus nyomás** értékét, amiből az **áramlási sebesség számítható**.



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

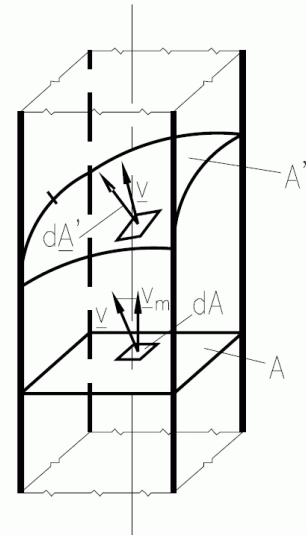
Mindkét esetben az **össztérfogatáram az elemi térfogatáramok összegeként** adódik, a helyi áramlási sebességet **Prandtl-cső segítségével** mért dinamikus nyomásból számítjuk. A méréseket csak **állandó üzemállapotban** lehet végezni, mivel egymás után több pontban kell sebességmérést végezni.

Téglalap keresztmetszet:

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

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

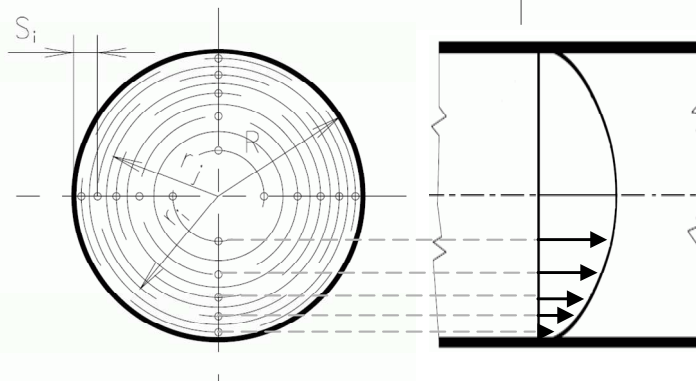
$$\frac{v_{m,1} A_1 + v_{m,2} A_2 + v_{m,3} A_3 + v_{m,4} A_4}{4} = A \bar{v}$$



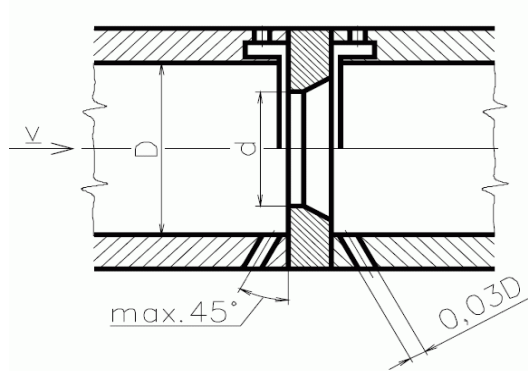
Kör keresztmetszet:

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

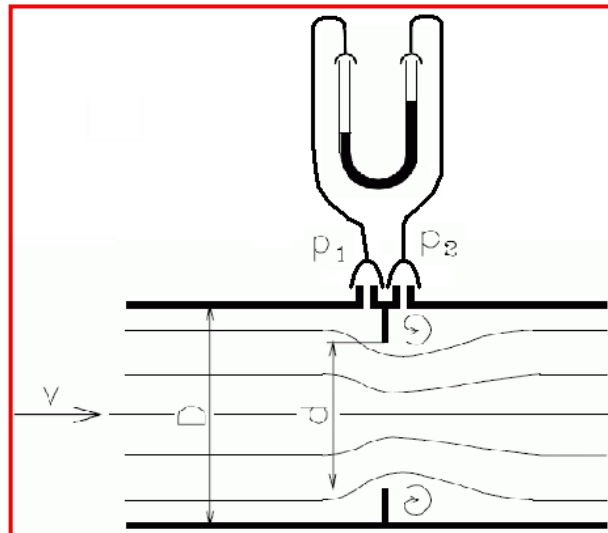
Turbulens sebesség profil esetén a **6 pont módszer** használata pontosabb eredményt ad.



10. 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.



$$p_1 > p_2$$

11. 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 (α) megválasztásának módjára!

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

q_v : térfogatáram, [q_v] = m³/s

α : átfolyási szám, [α] = -

ε : expanziós szám, [ε] = -

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

Δp : a mérőperemen mért nyomáskülönbség, [Δp] = Pa

ρ : az áramló közeg sűrűsége, [ρ] = kg / m³

Az átfolyási szám meghatározása szabvány által megadott összefüggéssel történik a Reynolds szám és a mérőperem furatának és a cső átmérőjének a viszonyszáma alapján. Az expanziós szám 1 értékűnek vehető, amíg a nyomás változása 5000 Pa alatti.

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

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

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

A mérnöki gyakorlatban a mért mennyiségek minden esetben mérési hibával terheltek. A mérés pontosságának, a mért adatok megbízhatóságának számszerű jellemzésére hibaszámítást kell végeznünk. Jelölje X a mért mennyiséget, valamint δX a mért mennyiséghez tartozó mérési hibát (pontatlanságot). A mért eredmények helyes megadási formája a következő:

$$X \pm \delta X$$

ahol δX az X mennyiség abszolút hibája. A a

$$\frac{\delta X}{X}$$

hányados pedig a relatív hiba (amelyet %-os formában szokásos megadni).

Az esetek döntő többségében a mérési hibát a mérőeszközök pontatlan leolvasása okozza. A leolvasási hiba jó közelítéssel az adott műszer skálaosztásának felel meg, pl. U-csőves manométernél a mérőfolyadék kitérését a mérőműszer [mm] skáláján olvassuk le, itt a folyadékoszlop-kitérés leolvasási hibája 1mm. Több mért adatból származtatott mennyiség esetén a mérési hibák tovább terjednek. A származtatott mennyiség relatív hibája egymástól függetlenül mért mennyiségek esetén a következő összefüggéssel határozható meg:

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

, ahol:

R a mért adatokból származtatott mennyiség,

X_i -k az n darab mért mennyiség

δX_i -k a mért mennyiségek abszolút hibái

δR a mért adatokból származtatott mennyiség abszolút hibája