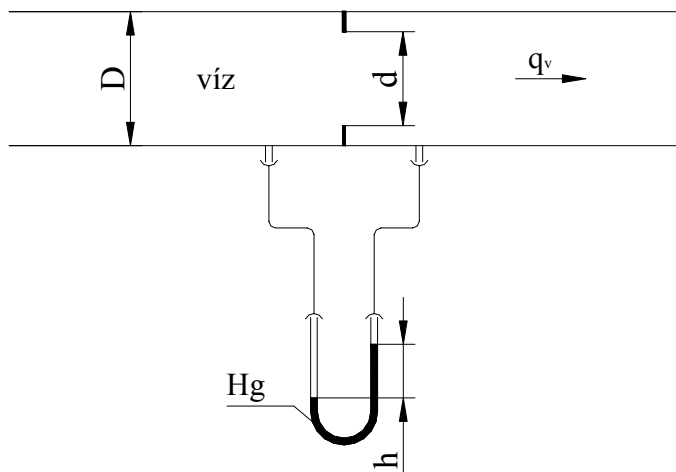


Neptun-kód: _____

Név: Mintamegoldás

Pontszám: **4,0**

1. Egy átfolyó mérőperemmel mérjük az áramló víz térfogatáramát. Az átfolyási szám értékét becsléssel határoztuk meg, $\alpha = 0.7$.



$$g = 10 \text{ N/kg}$$

$$d = 100 \text{ mm}$$

$$D = 170 \text{ mm}$$

$$h = 40 \text{ mm}$$

$$\rho_{\text{víz}} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{Hg}} = 13600 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu_{\text{víz}} = 10^{-3} \text{ kg/ms}$$

a) Kérem, határozza meg a szállított tömegáramot!

b) Kérem, határozza meg az átlagsebességet a csőben!

c) Kérem, határozza meg a Reynolds-számot a csőben!

Megoldás:

$$A := \frac{D^2 \cdot \pi}{4}$$

$$A = 0.023 \text{ m}^2$$

$$\Delta p_{\text{mp}} := \rho_{\text{Hg}} \cdot g \cdot h$$

$$\Delta p_{\text{mp}} = 5.44 \times 10^3 \text{ Pa}$$

$$q_v := \alpha \cdot \varepsilon \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p_{\text{mp}}}{\rho_v}}$$

$$q_v = 0.018 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$q_m := q_v \cdot \rho_v$$

$$q_m = 18.134 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$v_{\text{átl}} := \frac{q_v}{A}$$

$$v_{\text{átl}} = 0.799 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_v := \frac{\mu_v}{\rho_v}$$

$$v_v = 1 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$Re := \frac{v_{\text{átl}} \cdot D}{v_v}$$

$$Re = 1.358 \times 10^5$$

1,5 p

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

1 p

3. Egy fémből készült próbatestet rugós erőmérőre akasztunk, és lemérjük a súlyát: a skála $G = 78,3 \text{ mN}$ értéket mutat. Majd az erőmérőre akasztott testet vízbe lógatva elmerítjük, ekkor a skálán $F = 68,1 \text{ mN}$ érték olvasható. Az erőmérő relatív pontossága 1%. Mekkora relatív hibával tudja meghatározni a mérésekből a testre ható B felhajtóerőt? (A levegő sűrűségétől eltekintünk.) Adja meg B hibával terhelt értékét megfelelő számú értékes jegyre tetszőleges metrikus mértékegységben!

Megoldás:

$$\delta G = 1\% \cdot G \approx 0,78 \text{ mN}, \delta F = 1\% \cdot F \approx 0,68 \text{ mN} \quad (\text{max. 2 értékes jegyre})$$

$$B = G - F \Rightarrow \delta B = \sqrt{(\delta G)^2 + (-\delta F)^2} \approx 1,0 \text{ mN} \quad (\text{max. 2 értékes jegyre})$$

$$B = (10,2 \pm 1,0) \text{ mN} = (10 \pm 1) \text{ mN} \quad (\text{max 2 értékes jegyre})$$

$$\delta B / B = 10\%$$

1,5 p

Neptun-kód: _____

Név: **Mintamegoldás**

Pontszám: **4,0**

1. Egy kör keresztmetszetű (D=200mm) csővezetékben metán gáz áramlik. A cső szimmetriatengelyébe Prandtl csövet építettünk, a mért dinamikus nyomás 23 Pa. Az áramló közeg abszolút nyomása 2bar, a gázállandója R=554 J/kg/K, a hőmérséklete 23 °C. A maximális sebesség (a középtengelyen) az átlagsebességnél 25%-al magasabb. Kérem határozza meg az áramló közeg térfogatáramát!

Megoldás:

$$\rho_{\text{metán}} = \frac{p}{R \cdot T} \Big|_{\text{metán}} = 1,22 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2}{\rho_{\text{metán}}} \cdot \Delta p_{\text{din}}} = 6,14 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\bar{v} = \frac{v_{\text{max}}}{1,25} = 4,91 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$q_v = A \cdot \bar{v} = \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot \bar{v} = 0,154 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

1,5 p

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

1 p

3. Egy fémből készült próbatest ρ sűrűségét akarjuk meghatározni. A test m tömegét egy 10 mg pontosságú táramérlegen mérjük le, eredményül 67,51 g adódik. V térfogatát vízkiszorítással határozzuk meg egy ¼ ml skálabeosztású mérőhengerben. A test által kiszorított víz térfogatára 24,75 ml értéket olvastunk el.

- Mekkorák a sűrűségnek az egyes mérésekre vonatkozó érzékenységi együtthatói?
- Határozza meg a próbatest sűrűségének abszolút hibáját m és V hibájából!
- Ezek közül melyik a fő hibaforrás?
- Adja meg szabványos alakban, ρ hibával terhelt értékét!

A számítási eredményeket megfelelő számú értékes jegyre közölje!

1,5 p

Megoldás (CGS-ben):

$$m = (67,51 \pm 0,01) \text{ g}, V = (24,75 \pm 0,25) \text{ cm}^3. \rho = \frac{m}{V} \Rightarrow$$

$$\text{a) Az érzékenységi együtthatók (2 értékes jegyre): } \frac{\partial \rho}{\partial m} = \frac{1}{V} = \frac{\rho}{m} \approx 0,040 \text{ cm}^{-3} \text{ és } \frac{\partial \rho}{\partial V} = -\frac{m}{V^2} = -\frac{\rho}{V} \approx -0,11 \text{ g/cm}^6$$

$$\text{b) } \delta \rho = \sqrt{\left(\frac{\partial \rho}{\partial m} \cdot \delta m\right)^2 + \left(\frac{\partial \rho}{\partial V} \cdot \delta V\right)^2} = \sqrt{\left(4,0 \cdot 10^{-4} \text{ g/cm}^3\right)^2 + \left(-0,028 \text{ g/cm}^3\right)^2} = 0,028 \text{ g/cm}^3$$

c) A mérés hibája teljes egészében a térfogatmérés hibájából származik, a tömeget 2 nagyságrenddel pontosabban tudtuk megmérni.

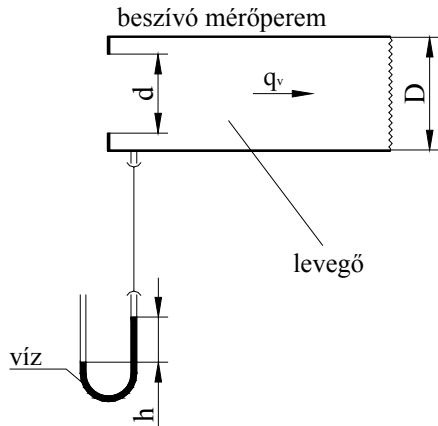
$$\text{d) } \rho = (2,727 \pm 0,028) \text{ g/cm}^3 = (2,73 \pm 0,03) \text{ g/cm}^3 \text{ (Elfogadható legfeljebb 2 értékes jegyre.)}$$

Neptun-kód: _____

Név: Mintamegoldás

Pontszám: 4,0

1. Egy beszívó mérőperemmel mérjük az áramló levegő térfogatáramát.



- $g = 10 \text{ N/kg}$
- $d = 120 \text{ mm}$
- $D = 180 \text{ mm}$
- $h = 52 \text{ mm}$
- $\rho_{\text{víz}} = 1000 \text{ kg/m}^3$
- $T_{\text{lev}} = 21 \text{ }^\circ\text{C}$
- $p_{\text{lev}} = 1013 \text{ mbar}$
- $\mu_{\text{lev}} = 1.8 \cdot 10^{-5} \text{ kg/ms}$

$$A := \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \qquad A = 0.025 \text{ m}^2$$

$$\rho_{\text{lev}} := \frac{p_{\text{lev}}}{R \cdot T_{\text{lev}}} \qquad \rho_{\text{lev}} = 1.201 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\Delta p_{\text{mp}} := \rho_{\text{v}} \cdot g \cdot h \qquad \Delta p_{\text{mp}} = 520 \text{ Pa}$$

$$q_v := \alpha \cdot \varepsilon \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p_{\text{mp}}}{\rho_{\text{lev}}}} \qquad q_v = 0.2 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$q_m := q_v \cdot \rho_{\text{lev}} \qquad q_m = 0.24 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$v_{\text{átl}} := \frac{q_v}{A} \qquad v_{\text{átl}} = 7.849 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_{\text{lev}} := \frac{\mu_{\text{lev}}}{\rho_{\text{lev}}} \qquad v_{\text{lev}} = 1.499 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$Re := \frac{v_{\text{átl}} \cdot D}{v_{\text{lev}}} \qquad Re = 9.423 \times 10^4$$

- a) Kérem, határozza meg a szállított tömegáramot.
- b) Kérem, határozza meg az átlagsebességet a csőben.
- c) Kérem, határozza meg a Reynolds-számot a csőben

1,5 p

2. Ismertesse a levegő sűrűsége meghatározásának módját a légnyomás és a levegő hőmérséklete alapján! Adja meg a képletben szereplő mennyiségek jelentését és mértékegységét!

1 p

3. A laboratóriumi mérés során egy EMB-001 típusú digitális nyomásmérővel több nyomásadatot mért egymás után. A mérések közben azt tapasztalta, hogy a kijelzett nyomásértékek 0,5...1,5 Pa ingadozást mutattak. A méréssorozat előtt a nyomásmérő 0 helyzetét gondosan beállította, a méréssorozat utáni ellenőrzésnél nyomáskülönbség nélküli helyzetben mégis -4,84 Pa értéket mutat a műszer. Az egyik mérésnél $p = +178,91 \text{ Pa}$ értéket olvasott le, hogyan jár el ennek az adatnak a feldolgozásakor? Mekkora az abszolút mérési hiba? Írja fel p hibával terhelt értékét! (Az eredményeket megfelelő számú értékes jegyre kerekítve!)

1,5 p

Megoldás:

A műszer elállítódása miatt minden mért értékhez hozzáadok 2,42 Pa-t, hogy az elállítódásból adódó adatorzulás hatását minimalizáljam, így esetünkben a legvalószínűbb értéknek $p = 181,33 \text{ Pa}$ -t kapok. A mérést két független hiba terheli: az ingadozása, melyet 0,5 Pa-lal becsülhetünk (megjegyzés: itt a hallgató tetszőleges értéket felvehet 0,5 és 1,5 Pa között), és az elállítódása, amely k.b. 2,4 Pa. Ezekkel a mérés abszolút hibája 2 tizedesjegyre kerekítve:

$$\delta p = \sqrt{(0,5 \text{ Pa})^2 + (2,4 \text{ Pa})^2} = \sqrt{(0,05)^2 + (0,2)^2} \text{ Pa} = 2,5 \text{ Pa} \text{ . (Elfogadható még 1 értékes jegyre a 2 Pa és a 3 Pa is.)}$$

A mérés pontosságát tehát alapvetően a műszer elállítódása korlátozta. (Ezt nem kérdeztük, de ha beírja a hallgató, jó.)

$p = (181,3 \pm 2,5) \text{ Pa}$, esetleg $(181 \pm 2) \text{ Pa}$, vagy $(181 \pm 3) \text{ Pa}$. (Kettőnél több bizonytalan jegy feltüntetése hiba.)

Neptun-kód: _____

Név: Mintamegoldás

Pontszám: 4,0

1. Egy téglalap keresztmetszetű ($A = 200\text{mm} \times 400\text{mm}$) légtechnikai vezetékben levegőt szívunk el. A csőbe egy U csöves manométerrel egybeépített Pitot-csővet építettünk be, a keresztmetszet középpontjába. A mérőberendezésünket egy statikus nyomásmérő furathoz csatlakoztatott U csöves manométer teszi teljessé. A manométerek másik szára a légköri nyomásra van nyitva. A manométereket vízzel töltöttük fel ($\rho_{\text{víz}} = 1000 \text{ kg/m}^3$). A Pitot-cső manométerén a kitérés 0mm, a statikus nyomásmérés manométer kitérése 30mm és a statikus nyomásmérés oldalán magasabb a szint. A légköri nyomás 1bar, az áramló közeg gázállandója $R = 287 \text{ J/kg/K}$, a hőmérséklete $21 \text{ }^\circ\text{C}$.

Kérem adja meg az elszívó ventilátor méretezéséhez, hogy óránként hány köbméter levegőt kell szállítania!

Megoldás

$$\rho_{\text{levegő}} = \frac{p}{R \cdot T} \Big|_{\text{levegő}} = 1,19 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$p_{\text{ö}} - p_0 = 0 \text{ Pa}$$

$$p_{\text{st}} - p_0 = \rho_{\text{víz}} \cdot g \cdot \Delta h = -300 \text{ Pa}$$

$$\Delta p_{\text{din}} = p_{\text{ö}} - p_{\text{st}} = 300 \text{ Pa}$$

$$v = v_1 = v_2 = \sqrt{\frac{2}{\rho_{\text{levegő}}} \cdot \Delta p_{\text{din}}} = 22,45 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$q_v = A \cdot v = 0,154 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 1,97 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 6466 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

1,5 p

2. Sorolja fel és indokolja azokat a módszereket, amelyekkel a folyadékoszlop-kitérésen alapuló manométerek leolvasásból adódó relatív hibája csökkentheti!

1 p

3. Egy folyadékminta térfogatát kör keresztmetszetű, függőleges tengelyű mérőhengerben mérjük meg. A folyadékoszlop magassága $H = 23,1 \text{ cm}$ -nek adódott, a skálaosztás 1 mm . A mérőhenger belső átmérője, $D = 47,3 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$.

- Mekkora a V térfogat érzékenységi együtthatója a folyadékoszlop-magasságra és az átmérő bizonytalanságára vonatkozóan?
- Határozza meg a folyadékminta V térfogatának relatív hibáját D és H hibájából!
- Ezek közül melyik a fő hibaforrás?

Az eredményeket megfelelő számú értékes jegyre közölje!

1,5 p

Megoldás:

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot H \Rightarrow$$

a) az érzékenységi együtthatók (2 értékes jegyre): $\frac{\partial V}{\partial D} = \frac{\pi}{2} \cdot D \cdot H = 2 \frac{V}{D} \approx 17000 \text{ mm}^2 = 170 \text{ cm}^2$ és

$$\frac{\partial V}{\partial H} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 = \frac{V}{H} \approx 1800 \text{ mm}^2 = 18 \text{ cm}^2$$

b) $\delta D/D = 0,21\%$, $\delta H/H = 0,43\%$

$$\delta V^2 = \left(\frac{\partial V}{\partial D} \cdot \delta D \right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial H} \cdot \delta H \right)^2 = \left(2 \cdot \frac{V}{D} \cdot \delta D \right)^2 + \left(1 \cdot \frac{V}{H} \cdot \delta H \right)^2 = V^2 \cdot \left[\left(2 \cdot \frac{\delta D}{D} \right)^2 + \left(1 \cdot \frac{\delta H}{H} \right)^2 \right]$$

$$\frac{\delta V}{V} = \sqrt{\left(2 \cdot \frac{\delta D}{D} \right)^2 + \left(1 \cdot \frac{\delta H}{H} \right)^2} = \sqrt{(0,42\%)^2 + (0,43\%)^2} \approx 0,60\% \approx 0,6\% \text{ (Elfogadható legfeljebb 2 értékes jegyre.)}$$

Mindkét forrás körülbelül egyforma mértékben járul hozzá a halmozott hibához.