1.fak.ZH

AB csoport

Név:.. NEPTUN kód:............................

Alapszak:.................**MEGOLDÁS**... **MEGOLDÁS** ....

Aláírás:..ÜLŐHELY sorszám: KM34/..............

PONTSZÁM:

Toll és számológép kivételével semmilyen segédeszköz nem használható!

1.FELADAT (ELMÉLET, max.5pont = 5×1pont. Csak a tökéletesen jó válasz ér 1 pontot)

1.1) **Jelölje egyértelműen (pl. karikázza be) az összes helyes válasz betűjelét!**
A dinamikai viszkozitás mértékegysége:

A) $\frac{kg}{m \cdot s}$ B) $\frac{kg}{m^2 \cdot s}$ C) $\frac{kg}{m \cdot s^2}$ D) $\frac{m}{s^2}$ E) $\frac{m^2}{s}$

A) $\frac{kg}{m \cdot s^2}$ B) $\frac{kg}{m^2 \cdot s}$ C) $\frac{kg}{m \cdot s}$ D) $\frac{m}{s^2}$ E) $\frac{m^2}{s}$

1.2) **Jelölje egyértelműen (pl. karikázza be) az összes helyes válasz betűjelét!**
A konvektív gyorsulást az alábbi kifejezéssel vagy kifejezésekkel írható le helyesen:

A) $\underline{\underline{D}} \cdot \underline{v}$ B) $\frac{\partial \underline{v}}{\partial \underline{r}} \cdot \underline{v}$ C) $\frac{\partial \underline{v}}{\partial \underline{r}} \cdot d\underline{r}$ D) $\underline{\underline{D}} \cdot d\underline{r}$ E) $\frac{\partial \underline{v}}{\partial t}$

A) $\underline{\underline{D}} \cdot d\underline{r}$ B) $\frac{\partial \underline{v}}{\partial t}$ C) $\underline{\underline{D}} \cdot \underline{v}$ D) $\frac{\partial \underline{v}}{\partial \underline{r}} \cdot \underline{v}$ E) $\frac{\partial \underline{v}}{\partial \underline{r}} \cdot d\underline{r}$

1.3) **Jelölje egyértelműen (pl. karikázza be) az összes helyes válasz betűjelét!**
Az Euler-egyenlet levezetésekor használt egyetlen érvényességi feltétel az alábbi:

A) $\frac{\partial \underline{v}}{\partial t} = 0$ B) $\underline{g} = -\mathrm{grad}U$ C) $\mu = 0$ D) $\rho = állandó$ E) $p_ö = \text{állandó}$

A) $\mu = 0$ B) $\underline{g} = -\mathrm{grad}U$ C) $\frac{\partial \underline{v}}{\partial t} = 0$ D) $\rho = állandó$ E) $p_ö = \text{állandó}$

1.4) **Jelölje egyértelműen (pl. karikázza be) az összes helyes válasz betűjelét!**
A folytonosság tétel stacioner áramlásra vonatkozó helyes alakja:

A) $\frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$ B) $\frac{\partial \rho}{\partial t} + div(\rho \underline{v}) = 0$ C) $div(\rho \underline{v}) = 0$ D) $div\underline{v} = 0$ E) $\frac{\partial \rho}{\partial t} + div\underline{v} = 0$

A) $\frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$ B) $\frac{\partial \rho}{\partial t} + div(\rho \underline{v}) = 0$ C) $div\underline{v} = 0$ D) $div(\rho \underline{v}) = 0$ E) $\frac{\partial \rho}{\partial t} + div\underline{v} = 0$

1.5) **Jelölje egyértelműen (pl. karikázza be) az összes helyes válasz betűjelét!**
Az Euler-egyenletben szereplő $(-\underline{v} \times rot\underline{v})$ tag értéke a Bernoulli-egyenlet levezetésekor történő integrálása során akkor zérus értékű, ha:

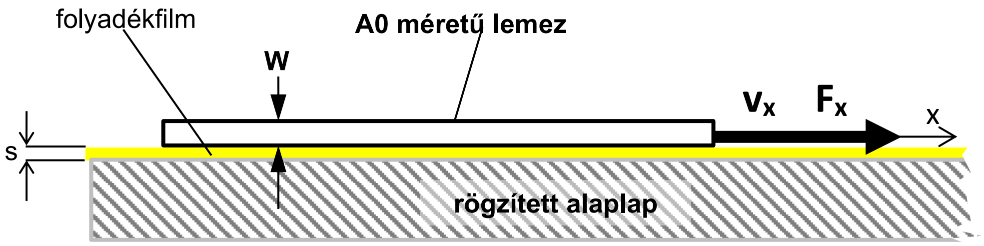
A) áramvonalon integrálunk B) $\underline{v} \parallel d\underline{s}$ C) örvényvonalon integrálunk D) $rot\underline{v} \parallel d\underline{s}$ E) $\underline{v} = 0$

A) $\underline{v} = 0$ B) örvényvonalon integrálunk C) $rot\underline{v} \parallel d\underline{s}$ D) áramvonalon integrálunk E) $\underline{v} \parallel d\underline{s}$

2.FELADAT (8pont)

Egy A0 (841mm × 1189mm) méretű, súlytalannak tekinthető , merev, W=1mm vastag sík lemezt húzunk $v_{x,A0}$=1m/s állandó sebességgel vízszintesen *x* irányban a rögzített alaplapra kiöntött vékony (s=0,1mm), ismeretlen viszkozitású, 900kg/m^3 sűrűségű folyadékfilmen. Ehhez az állaphoz szükséges vontatási teljesítmény mért értéke ismert: P_{vont}=100W.

FELTÉTELEK:
résben lineáris sebességprofil, newtoni folyadék;
viszkózus veszteségen kívüli minden más veszteség elhanyagolható.



KÉRDÉSEK:

A)Számítsa ki, hogy mekkora F_x vontató erő szükséges ehhez az állapothoz!

B)Számítsa ki a lemez és álló alaplap közötti résben ébredő τ csúsztatófeszültség értékét!

C)Számítsa ki a folyadék dinamikai viszkozitását!

D)Mekkora sebességgel mozgathatnánk egy A4 méretű (297mm × 210mm) lemezt ugyanekkora vontatási teljesítménnyel? (Minden más paraméter azonos.) Válaszát indokolja! $v_{x,A4}$=?

MEGOLDÁS (A lap túloldalán is folytathatja a megoldást)

A)A vontatási erő: $F_x = \frac{P_{vont}}{v_x} = \frac{100W}{1\text{m/s}} = 100N$

B)A csúsztatófeszültség: $\tau = \frac{F_x}{A_{A0}} = 100{,}0051Pa$ (Ha A_{A0}=1m^2 értékkel számolunk, akkor 100Pa)

C)A dinamikai viszkozitás: $\mu = \frac{\tau}{\frac{\partial\gamma}{\partial t}} \cong \frac{\tau}{\frac{\partial v_x}{\partial y}} = \frac{\tau}{\frac{v_x}{s}} = \frac{100}{\frac{1}{0{,}0001}}$ =0,01 kg/(m·s)

D)A vontatási teljesítmény azonos. A vontatási teljesítmény a sebesség négyzetével arányos!

$$P_{vont,A0} = P_{vont,A4}$$

$$P_{vont,A0} = F_{x,A0} \cdot v_{x,A0} = \tau_{A0} \cdot A_{A0} \cdot v_{x,A0} = \frac{\mu \cdot A_{A0}}{s} \cdot v_{x,A0}^2 \qquad P_{vont,A4} = F_{x,A4} \cdot v_{x,A4} = \tau_{A4} \cdot A_{A4} \cdot v_{x,A4} = \frac{\mu \cdot A_{A4}}{s} \cdot v_{x,A4}^2$$

Mivel a viszkozitás és a résméret azonos, az A4 méretű lemez sebessége a keresztmetszetviszony gyökével arányos:

$$A_{A0}=841\text{mm} \times 1189\text{mm} = 999\,949\ \text{mm}^2 \approx 1\ \text{m}^2$$

$$A_{A4}=297\text{mm} \times 210\text{mm} = 62\,370\ \text{mm}^2 \approx 1/16\ \text{m}^2$$

$$\frac{A_{A0}}{A_{A4}} = 16{,}0325311665865\ldots$$

$$\sqrt{\frac{A_{A0}}{A_{A4}}} = 4{,}004064393321491\ldots$$

Tehát az A0-hoz képest a ~16-od akkora méretű A4 méretű lemezt négyszeres sebességgel tudjuk vontatni, ha azonos vontatási teljesítmény áll rendelkezésre:.

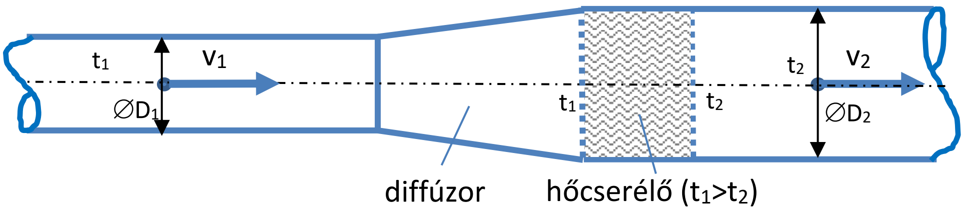
$$v_{x,A4}=v_{x,A0}\sqrt{\frac{A_{A0}}{A_{A4}}} = 4{,}004064\text{m/s} \qquad (\approx 4\text{m/s})$$

Az A0-hoz képest az A4 lemez esetén a csúsztatófeszültség négyszeres: $\tau_{A4} \cong \mu\frac{v_{x,A4}}{s} = 0{,}01\frac{4}{0{,}0001} = 400Pa$

Az A0-hoz képest az A4 lemez esetén a vontatási erő negyedakkora: $F_{x,A4} = \tau_{A4}A_{A4} = 400\frac{1}{16} = 25N$

vagy $F_{x,A4} = \frac{P_{vont}}{v_{x,A4}} = \frac{100W}{4\text{m/s}} = 25N$

3.FELADAT (8pont)



A $ØD_1$=2000mm átmérőjű csőben t_1=200°C hőmérsékletű forró füstgáz (R=287 J/(kg·K)) áramlik 54000 m^3/h értékű állandó térfogatárammal. A diffúzor utáni hőcserélőn áthaladva a füstgáz t_2=100°C hőmérsékletre hűl le, majd a $ØD_2$=3000mm csőszakaszon áramlik tovább. A csőben a statikus nyomás a sűrűségszámítás szempontjából mindenhol p=1,2bar állandó értékűnek vehető.

KÉRDÉSEK: Számítsa ki az „1” és a „2” keresztmetszetekben az átlagsebességeket, a „2” keresztmetszetek térfogatáramát, illetve az áramló közeg tömegáramát!

MEGOLDÁS (A lap túloldalán is folytathatja a megoldást)

A rendszer egy ún. „áramcső”-nek tekinthető, melyben stacioner áramlás esetén a q_m=állandó az áramcső bármely keresztmetszetében.

A folytonosság tétele stacioner esetben az „1” és „2” keresztmetszetek között:

$$q_{m,1}= q_{m,2}$$
$$\rho_1 \cdot v_1 \cdot A_1= \rho_2 \cdot v_2 \cdot A_2$$
$$\rho_1 \cdot q_{V,1}= \rho_2 \cdot q_{V,2}$$

Fentiben a térfogatáramok:
$$q_{V,1} = v_1 \cdot A_1$$
$$q_{V,2} = v_2 \cdot A_2$$

A levegő sűrűsége gáztörvénnyel a helyi p=1,2bar=120000Pa=p_1=p_2 nyomás és a helyi T_1 ill. T_2 hőmérséklet és R ismeretében számítható:

$$\rho_1=p_1/(R \cdot T_1) = 0{,}883971 \text{ kg/m}^3$$
$$\rho_2=p_2/(R \cdot T_2) = 1{,}120961 \text{ kg/m}^3$$

Az „1” és „2” keresztmetszeteken a keresett mennyiségek számíthatók.

Az „1” átlagsebesség: $v_1 = q_{V,1}/ A_1 = 4{,}77$ m/s

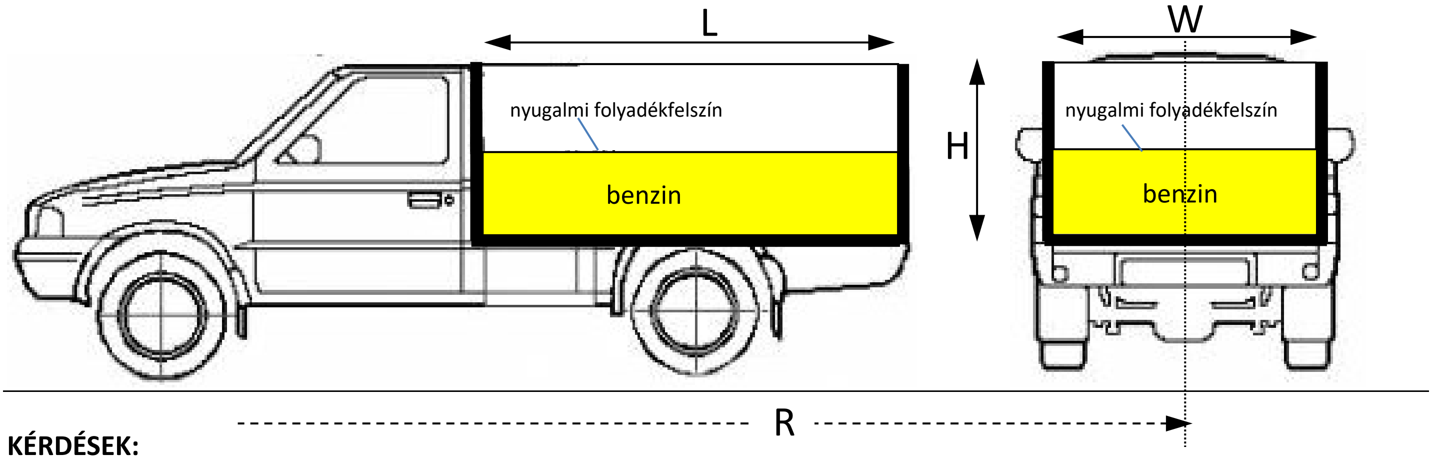
A tömegáram: $q_m=\rho_1 \cdot v_1 \cdot A_1=\rho_1 \cdot q_{V,1}= 13{,}26$ kg/s = 47734,45 kg/h

A térfogatáramok: $q_{V,2} = q_m / \rho_2 = 11{,}82875$ m^3/s = 42583,51 m3/h

A „2” átlagsebesség: $v_2 = q_{V,2}/ A_2 = q_m / (\rho_2 \cdot A_2) = 1{,}67$ m/s

4.FELADAT (8pont)

A benzinkúton egy autós a hátsó rakterében egy felül teljesen nyitott, L=2,5m hosszú, H=1m magas, W=1,8m széles téglatest alakú tartályt félig töltött benzinnel. Az autó álló helyzetében a benzin nyugalmi folyadékfelszíne vízszintes (lásd ábra). **FELTÉTELEK**: ideális közeg **ADATOK**: g=10N/kg; ρ_{benzin}=750kg/m^3; p_0=10^{5}Pa



KÉRDÉSEK:

A) Legfeljebb mekkora gyorsulással indulhat el az autó menetirány szerint előre, vízszintes úton úgy, hogy a benzin hátrafelé még éppen ne folyjon ki a tartályból? a_{max}=?

B) Rajzolja be az ábrába az A) kérdésben kiszámolt a_{max} gyorsulással haladó autó esetén a gyorsuló folyadékfelszín alakját és a nyomásgradiens vektort!

C) Számolja ki a folyadékban ekkor érvényes legnagyobb túlnyomás értékét és jelölje be ezt a pontot az ábrába is!

D) Mekkora erő hat ekkor a tartály hátfalára?

PLUSZ KÉRDÉS +5 pontért) Legfeljebb mekkora állandó sebességgel haladhat ez az autó a saját R=12m sugarú fordulókörén úgy, hogy a benzin még pont ne folyjon ki oldalra a tartályból? v_{max}=?

MEGOLDÁS (A lap túloldalán is folytathatja a megoldást)

A) A hidrosztatika alapegyenlete p/ρ+U=állandó alapján a gyorsuló folyadék felszínének bármely két pontjában mivel azonos a p_0 nyomás, így a potenciál is azonos. Az eredő erőtér potenciálfüggvénye $U_e = g\cdot z + a\cdot x$. Ha az *x* tengely balra (menetirányba) ill. a *z* tengely felfelé mutat, és az (x,z) koordinátarendszer x_0*=0m és* z_0*=0m* origóját a tartály L/2 félhosszánál a nyugalmi vízfelszín közepén vesszük fel, akkor az a_{max} gyorsulásra pl. oldalnézetben a gyorsuló folyadék felszín bal alsó sarokpontban („1": $x_1=+1{,}25m$ *és* $z_1= -0{,}5m$) és a jobb felső sarokpontban („2": $x_2= -1{,}25m$ *és* $z_2= +0{,}5m$) felvett pontok koordinátáinak behelyettesítésével kapjuk:

$$g\cdot z_1 + a_{max}\cdot x_1 = g\cdot z_2 + a_{max}\cdot x_2$$

$$a_{max} = g\frac{(z_2-z_1)}{(x_1-x_2)} = 10\frac{(0{,}5-(-0{,}5))}{(1{,}25-(-1{,}25))} = 10\frac{1}{2{,}5} = 4m/s^2$$

B) A legnagyobb túlnyomás a g_e eredő térerősségvektor irányába mutató grad*p* nyomásgradiens vektor irányában a vízfelszíntől (arra merőlegesen) haladva a folyadékban lévő legtávolabbi pontban van. Ez az ábrán jobb alsó sarokpont („3"). Itt a túlnyomás a legegyszerűbben a „3" pont fölötti folyadékoszlop nyomása, tehát a vízfelszínen lévő („2") pont és a „3" pont között felírt hidrosztatika alapegyenlete alapján kapható meg:

$$\frac{p_2}{\rho} + U_2 = \frac{p_3}{\rho} + U_3$$

Eszerint a $(p_3 - p_2)$ túlnyomás az 1m folyadékoszlop nyomásával $\Delta p_{túl,max} = (p_3 - p_2) = (p_3 - p_0) = \rho(U_2 - U_3) = \rho g(z_2 - z_3) = 750 \cdot 10 \cdot (0{,}5 - (-0{,}5) = 7500Pa$ értékkel egyenlő.

C) A hátfalon „2"-ből (p_0) fentről lefelé „3" (azaz p_0+7500Pa) felé lineárisan nő a túlnyomás: 0Pa-ról 7500Pa értékre, tehát az átlagos túlnyomás a hátfalon ennek fele: $\overline{\Delta p}_{túl,átl} = 3750Pa.$

D) A hátfal mérete: $A_{hátfal}$=W×H=1,8 m^2.

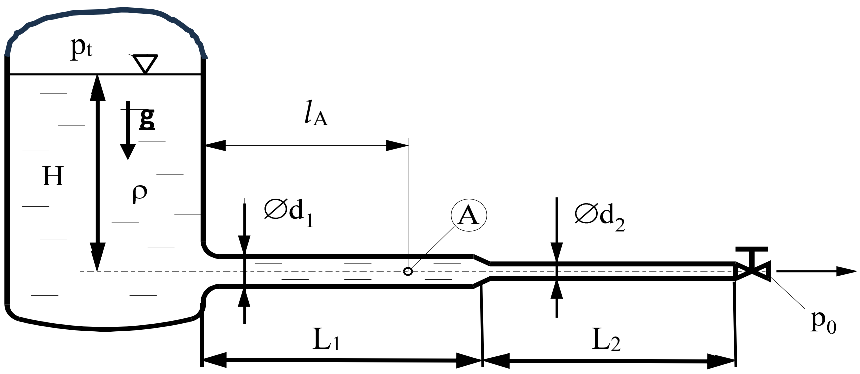
Itt az adott t időpillanatban a nyomáskülönbségből ható erő: $F_{hátfal} = \overline{\Delta p}_{túl,átl}A_{hátfal}$ =3750Pa · 1,8 m^2= 6750 N

PLUSZ KÉRDÉS +5 pontért):

Hagyom még gondolkodni Önöket! Addig is: https://youtu.be/wsWn_w9Ffpw?si=hikkcdQkpVD6kh9v

5.FELADAT (8pont)

Egy felül zárt, p_t=4,5bar nyomású, H=10m szintig vízzel töltött tartályhoz alul két különböző átmérőjű, azonos hosszúságú, vízszintes tengelyű szakaszból álló csővezeték csatlakozik. A csővégen lévő gömbcsap teljesen nyitott állapotban van, stacioner áramlási állapot.



FELTÉTELEK: ideális közeg; stacioner áramlási állapot; $A_{tartály}$>>$A_{cső}$; az átmeneti idomok és a gömbcsap hosszúsága elhanyagolható; a gömbcsap be- és kiáramlási keresztmetszete azonos a csatlakozó csőével. (Az ábra nem méretarányos.)

ADATOK: $p_0=10^5$Pa; ρ=1000kg/m^3; d_1=50mm; d_2=25mm; g=10N/kg; L_1=20m; L_2=20m; l_A=15m

KÉRDÉSEK:

A)Számítsa ki a víz csővégi kiáramlási sebességét!

B)Számítsa ki a víz „A" pontbeli statikus, dinamikus és össznyomását!

C)Számítsa ki, mekkora lenne a csővégi kiáramlási sebesség, ha az „A" pontnál egy 90⁰ könyökidomot építenénk be a vezetékbe, tehát az „A" ponttól kezdődően a csővezeték a függőlegesbe fordulna!

MEGOLDÁS (A lap túloldalán is folytathatja a megoldást)

A)A tartály folyadékfelszín egy pontja („1") és a kiáramlási keresztmetszetben felvett („2") pont közötti áramvonalon felírva a Bernoulli-egyenlet megadott feltételeknek megfelelő alakját:

$$p_1 + \frac{\rho}{2}\mathrm{v}_1^2 + \rho g z_1 = p_2 + \frac{\rho}{2}\mathrm{v}_2^2 + \rho g z_2$$

Kapjuk a kiáramlási sebességre

$$\mathrm{v}_2 = \sqrt{\frac{2(p_t - p_0)}{\rho} + 2gH} = \sqrt{\frac{2(450000 - 100000)}{1000} + 2 \cdot 10 \cdot 10} = \sqrt{700 + 200} = 30m/s$$

B)A folytonosság tételét a kilépési „2" és az „A" pont között felírva kapjuk az „A" pontbeli áramlási sebességet:

$$\mathrm{v}_A = \mathrm{v}_2 \frac{A_2}{A_A} = \mathrm{v}_2 \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 = 30 \cdot \frac{1}{4} = 7{,}5m/s$$

Az „A" pontban a dinamikus nyomás:

$$p_{A,din} = \frac{\rho}{2}\mathrm{v}_A^2 = \frac{1000}{2}7{,}5^2 = 28125Pa$$

Az „A" pontbeli statikus nyomás pl. az „A" pont és a „2" pont közötti áramvonalra felírt Bernoulli-egyenletből kapható:

$$p_A + \frac{\rho}{2}\mathrm{v}_A^2 + \rho g z_A = p_2 + \frac{\rho}{2}\mathrm{v}_2^2 + \rho g z_2$$

Fentit z_A=z_2 felhasználásával az „A" pontbeli keresett p_A=$p_{A,st}$ statikus nyomásra rendezve kapjuk:

$$p_A = p_0 + \frac{\rho}{2}\mathrm{v}_2^2 - \frac{\rho}{2}\mathrm{v}_A^2 = 100000 + \frac{1000}{2}30^2 - \frac{1000}{2}7{,}5^2 = 521875Pa$$

Az „A" pontbeli statikus nyomást pl. a tartály folyadékfelszín és az „A" pont közötti áramvonalra felírt Bernoulli-egyenletből is megkaphatjuk:

$$p_t + \frac{\rho}{2}\mathrm{v}_t^2 + \rho g z_t = p_A + \frac{\rho}{2}\mathrm{v}_A^2 + \rho g z_A$$

Fentit H=z_t-z_A és v_t≈0 felhasználásával az „A" pontbeli keresett p_A=$p_{A,st}$ statikus nyomásra rendezve kapjuk:

$$p_A = p_t + \rho g H - \frac{\rho}{2}\mathrm{v}_A^2 = 450000 + 1000 \cdot 10 \cdot 10 - \frac{1000}{2}7{,}5^2 = 521875Pa$$

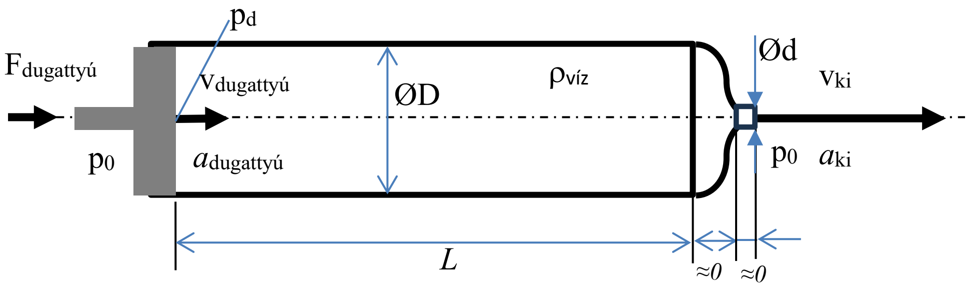
Az „A" pontban az össznyomás:

$$p_{A,ö} = p_{A,st} + p_{A,din} = p_A + \frac{\rho}{2}\mathrm{v}_A^2 = 550000Pa \;\; (ami \; = p_t + \rho g H)$$

C)A tartály folyadékfelszín („1") és az új (csőtengelyhez képest $z_{2*} = 25m$ magasságban lévő) kiáramlási keresztmetszetben felvett („2*") pont közötti áramvonalon felírva a Bernoulli-egyenletből a kiáramlási sebesség:

$$\mathrm{v}_{2*} = \sqrt{\frac{2(p_t - p_0)}{\rho} + 2g(z_1 - z_{2*})} = \sqrt{\frac{2(450000 - 100000)}{1000} + 2 \cdot 10 \cdot (10 - 25)} = \sqrt{700 - 300} = 20m/s$$

6.FELADAT (8pont)



Az ábrán látható vízszintes tengelyű óriásfecskendőben víz van. A megfigyelt t időpillanatban $v_{dugattyú}$=0,1m/s értékű a dugattyú sebessége, és $a_{dugattyú}=1m/s^2$. értékű a dugattyú gyorsulása. A külső tér nyomása a dugattyú külső (bal) oldalán és a fecskendő kiáramlási keresztmetszetében is $p_0=10^5$Pa értékű. **FELTÉTELEK**: Ideális közeg. A øD átmérőjű és L hosszúságú szakasz utáni átmeneti idom (konfúzor) hossza és a ød átmérőjű csővég hossza az L hosszúsághoz képest elhanyagolhatóan kicsiny.

ADATOK: L=1000mm; øD=50mm; ød=5mm, $\rho_{víz}=10^3$kg/m^3; $p_0=10^5$Pa

KÉRDÉSEK: **A)** Mekkora ekkor a szabadba kiáramló vízsugár sebessége és gyorsulása? v_{ki}=? a_{ki}=?

B) Mekkora ekkor a dugattyú belső felületén a nyomás? $p_{dugattyú}$ =?

C) Mekkora F_d erővel kell hatni ekkor a dugattyúra? $F_{dugattyú}$ =?

MEGOLDÁS (A lap túloldalán is folytathatja a megoldást)

A) A folytonosság tétele a dugattyú és csővégi kiáramlási keresztmetszet között sebességekre, illetve gyorsulásokra:

$$\mathrm{v}_{ki} = \mathrm{v}_{dugattyú}\frac{A_{dugattyú}}{A_{ki}} = \mathrm{v}_{dugattyú}\left(\frac{D}{d}\right)^2 = \mathrm{v}_{dugattyú}\left(\frac{50}{5}\right)^2 = 0{,}1m/s\cdot 10^2 = 10m/s$$

$$a_{ki} = a_{dugattyú}\frac{A_{dugattyú}}{A_{ki}} = a_{dugattyú}\left(\frac{D}{d}\right)^2 = a_{dugattyú}\left(\frac{50}{5}\right)^2 = 1m/s^2\cdot 10^2 = 100m/s^2$$

B) A t időpillanatban az instacioner áramlási állapotra felírt Bernoulli-egyenlet az „1" pont (dugattyú belső felszíne) és „2" pont (csővégi kiáramlási keresztmetszet) közötti áramvonalon az alábbi:

$$p_1 + \frac{\rho}{2}\cdot \mathrm{v}_1^2 + \rho\cdot g\cdot z_1 = p_2 + \frac{\rho}{2}\cdot \mathrm{v}_2^2 + \rho\cdot g\cdot z_2 + \rho\cdot\int_1^2 \frac{\partial \mathrm{v}}{\partial t}d\underline{s}$$

Itt a ($\rho\cdot\int_1^2\frac{\partial \mathrm{v}}{\partial t}d\underline{s}$) tag, azaz az „1" és „2" pontok közötti folyadék gyorsításához szükséges többletnyomás kiszámításához a feltételek szerint adott, hogy az átmeneti idom (konfúzor) és a d átmérőjű rövid szakasz hossza az L=1m hosszhoz képest elhanyagolhatóan kicsiny. Tehát az instacioner tag csak a D átmérőjű és L hosszú csőszakaszban lévő folyadéktömeg gyorsításához szükséges többletnyomásból ($\rho\cdot a_{dugattyú}\cdot L$) származik:

$$\rho\cdot\int_1^2\frac{\partial \mathrm{v}}{\partial t}d\underline{s} = \rho\cdot\int_1^{1'}\frac{\partial \mathrm{v}}{\partial t}d\underline{s} + \rho\cdot\int_{1'}^{1''}\frac{\partial \mathrm{v}}{\partial t}d\underline{s} + \rho\cdot\int_{1''}^{2}\frac{\partial \mathrm{v}}{\partial t}d\underline{s} = \rho\cdot a_{dugattyú}\cdot L + 0 + 0 = \rho\cdot a_{dugattyú}\cdot L$$

A z=0m referencia szintet bárhova felvehetjük, de a vízszintes csőtengely esetén z=0m mindenhol, így nem befolyásolja eredményünket.

	„1"	„2"
p [Pa]	p_d=? (p_1=?)	p_0=100 000Pa
v [m/s]	v_1=0,1m/s	v_2=10m/s
z [m]	0m	0m

A Bernoulli-egyenletet a keresett nyomásra rendezve, behelyettesítés után kapjuk:

$$p_1 = p_0 + \frac{\rho}{2}\cdot \mathrm{v}_2^2 + \rho\cdot a_1\cdot L - \frac{\rho}{2}\cdot \mathrm{v}_1^2$$

$$p_1 = 100000 + 50000 + 1000 - 5 = 150995Pa$$

C) A dugattyú külső (p_0) és belső (p_1) oldalán a nyomáskülönbség ismert, azaz számítható:

$\Delta p = p_1 - p_0$ = 150995Pa – 100000Pa = 50995Pa

A dugattyú keresztmetszete: $A_{dugattyú} = D^2\pi/4$ = 0,05· 0,05· π/4 = 0,001963m^2

A szükséges erő: $F_{dugattyú} = \Delta p\cdot A_{dugattyú}$ = 50995 · (0,05· 0,05· π/4) = 100,13 N