

7.GYAKORLAT (14. oktatási hét)

Lehetséges témakörök a 14. heti 7. gyakorlatra:

- Gyakorlati anyag: az áramlások hasonlósága, a hidraulika és az áramlásba helyezett testekre ható erő témakörökre gyakorló példák
- Előadáson elhangzottak: a 8-9-10-11. fejezetek kapcsolódnak: 8. súrlódásos közegek áramlása, 9. határrétegek, 10. hidraulika és 11. áramlásba helyezett testekre ható erő

Javasolt gyakorlatra:

- A) Áramlások hasonlósága (Reynolds-szám azonosság alapján) (1 példa)
- B) Hidraulika (2 példa)
- C) Áramlásba helyezett testre ható erő, erőtényezők számítása (1 példa)

A/1.PÉLDA (hasonlóság)

Egy járműmotor kenőrendszerében egy $d=5\text{mm}$ átmérőjű és $L=150\text{mm}$ hosszú egyenes csőnek tekinthető vezetékben olajáramlást vizsgálunk. A csőben a valóságban forró motorolaj áramlik $q_m=0,25\text{ kg/s}$ tömegárammal.

Olaj adatok: $t_{\text{olaj}}=100\text{ °C}$, $\rho_{\text{olaj}}=797\text{ kg/m}^3$, $\nu_{\text{olaj}}=9,71\cdot 10^{-6}\text{ m}^2/\text{s}$

Az áramlások hasonlóságát kihasználva a laborban ugyanezen a csövön csapvizet áramoltatva modellezzük az olaj áramlását.

Csapvíz adatok: $t_{\text{víz}}=15\text{ °C}$, $\rho_{\text{víz}}=999,1\text{ kg/m}^3$, $\mu_{\text{víz}}=1,138\cdot 10^{-3}\text{ kg/(m}\cdot\text{s)}$

KÉRDÉS: Mekkora kell a víz áramlási sebességét beállítani, hogy csapvízzel az olaj áramlásához hasonló áramlást hozzunk létre?

A/2.PÉLDA (hasonlóság)

Úszók kezének ellenállástényezőjét vizsgáljuk. A vizsgált kéz jellemző keresztmetszete $A_{\text{ref}}=180\text{ cm}^2$, a vízben mozgó kéz jellemző sebessége $v=1,5\text{ m/s}$.

Vízcsatorna helyett csak kis keresztmetszetű szélcsatornánk van, így a kéz lekicsinyített, 1:2 méretarányú kézmodelljét tesszük a szélcsatorna mérőterébe.

Víz adatok: $\rho_{\text{víz}}=1000\text{ kg/m}^3$, $\mu_{\text{víz}}=10^{-3}\text{ kg/(m}\cdot\text{s)}$ /

Levegő adatok: $\rho_{\text{lev}}=1,2\text{ kg/m}^3$, $\nu_{\text{lev}}=15,5\cdot 10^{-6}\text{ m}^2/\text{s}$

KÉRDÉS: Mekkora kell a mérőtérbeli megfúvási sebességet beállítani a szélcsatornában, hogy a valós kéz körüli áramláshoz hasonló áramlást hozzunk létre?

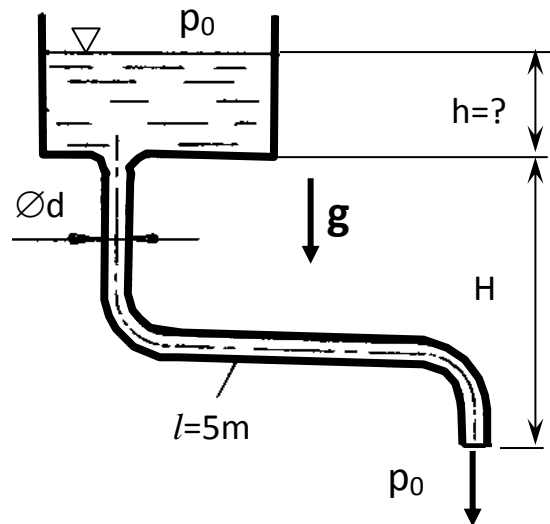
B/1.PÉLDA (HIDRAULIKA)

Egy kenőrendszernek percenként 19cm^3 értékű, állandó mennyiségű olajat ($\rho_{\text{olaj}}=800\text{kg/m}^3$; $\nu_{\text{olaj}}=10^{-4}\text{m}^2/\text{s}$) kell szállítania. Az olajtartály szabadfelszínű, a tartályból csőbe való belépés veszteségmentes, a cső áramlási veszteség szempontjából $l=5\text{m}$ hosszú, $\varnothing d=4\text{mm}$ átmérőjű, egyenes csőnek tekinthető, a csővég nyitott ($p_0=10^5\text{Pa}$), a tartály alja és a kilépő keresztmetszet közötti magasságkülönbség $H=2\text{m}$.

KÉRDÉSEK:

A) Számítsa ki a csőbeli áramlási sebesség, a Reynolds-szám és a cső súrlódási tényező értékét!

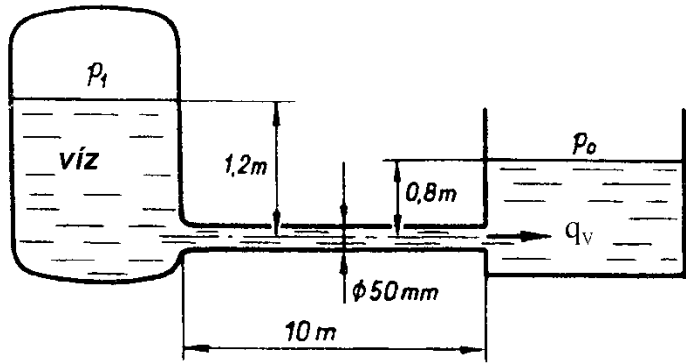
B) Mekkora ebben az állapotban a tartály olajsintjének magassága? $h=?$



MEGOLDÁS

B/2.PÉLDA (HIDRAULIKA)

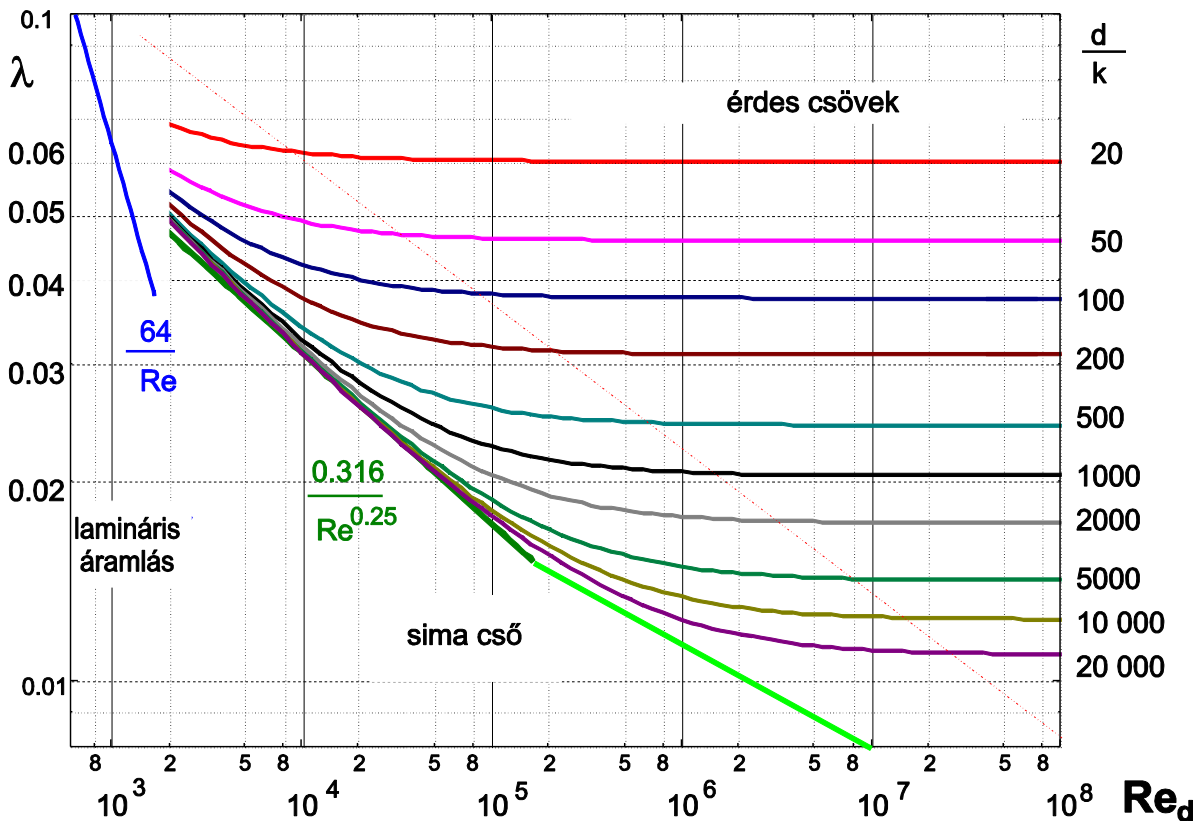
A baloldali zárt, a vízfelszín fölött p_1 nyomású tartályból 300 liter/perc állandó térfogatárammal áramlik át víz a jobboldali p_0 nyomásra nyitott szabadfelszínű tartályba egy vízszintes tengelyű, $\varnothing 50\text{mm}$ átmérőjű, $L=10\text{m}$ hosszú, hidraulikailag simának tekinthető csövön keresztül. A baloldali tartályból a csőbe való belépés veszteségmentes, a jobboldali tartályba való belépés nem: ott egy 180 fokos, hirtelen keresztmetszet növekedésnek tekinthető a csőcsatlakozás, a tartályba való kilépés. A tartálybeli vízfelszínnek emelkedési/süllyedési sebessége lehangolható ($A_{\text{tartály}} \gg A_{\text{cső}}$). Összenyomhatatlan közeg, stacioner áramlás.



ADATOK: $\rho_{\text{víz}}=1000\text{ kg/m}^3$, $\nu_{\text{víz}}=1,5 \cdot 10^{-6}\text{ m}^2/\text{s}$, $p_0=10^5\text{ Pa}$, $g=10\text{ N/kg}$

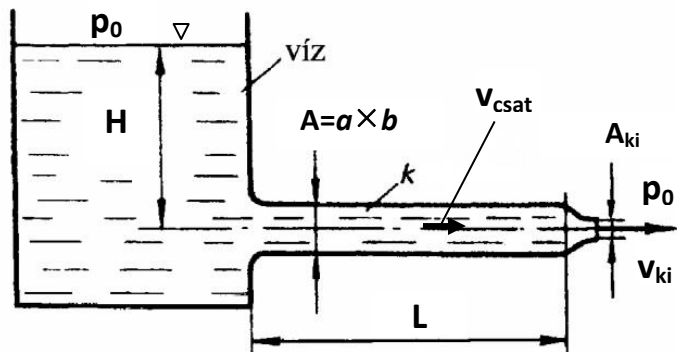
KÉRDÉSEK:

- Számítsa ki a csőbeli áramlásra jellemző Reynolds-számot és a csősúrlódási tényezőt!
- Mekkora $(p_1 - p_0)$ túlnyomást szükséges biztosítani ehhez az áramlási állapothoz?
- Mekkora lenne a csősúrlódási tényező és a $(p_1 - p_0)$ túlnyomás, ha a cső belső falának átlagos érdesség magassága $0,1\text{mm}$ lenne? Kérem, jelölje a Moody-diagramba a leolvasáshoz használt segédvonalakat!



B/3.PÉLDA (HIDRAULIKA)

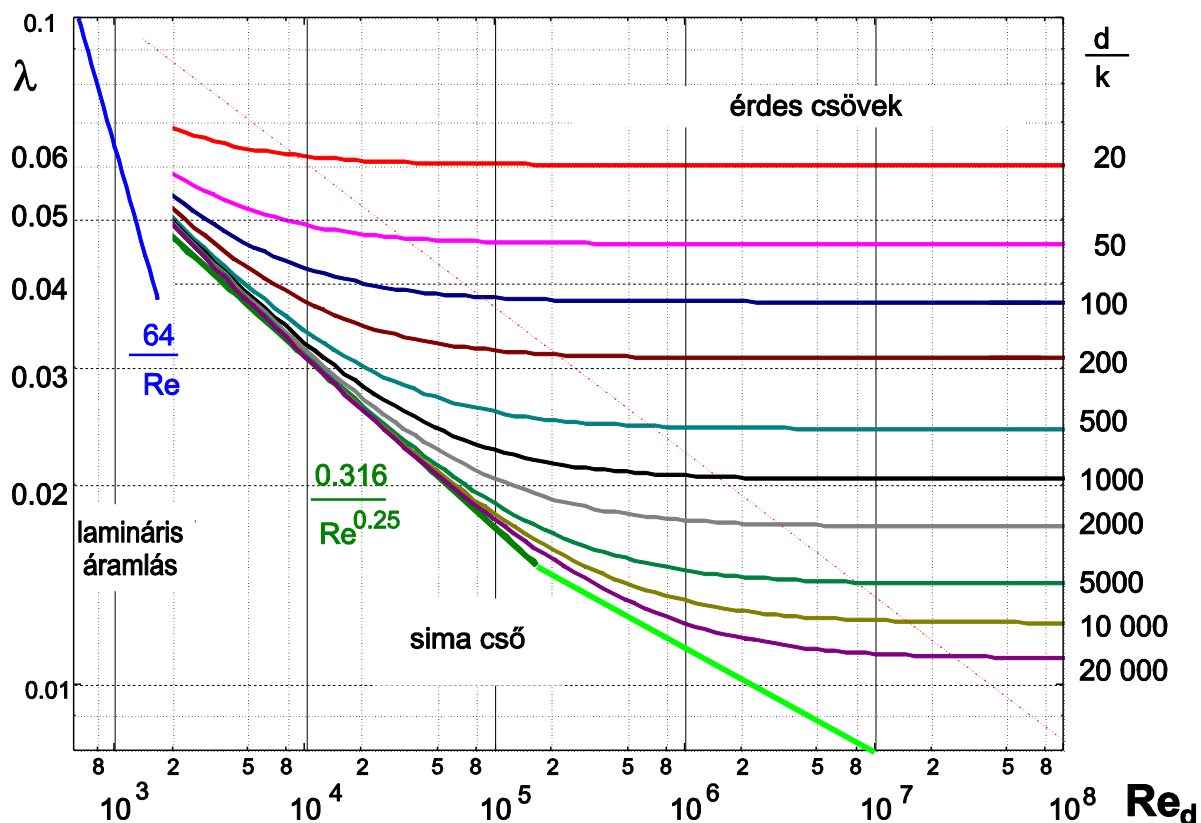
Egy $A=a \times b$ téglalap keresztmetszetű, hidraulikailag simának tekinthető, $L=15\text{m}$ hosszú vízcsatorna csatlakozik egy ismeretlen H szintig töltött tartályhoz. A vízszintes tengelyű vízcsatorna teljes keresztmetszetét kitöltve a víz a csővégi, veszteségmentes konfúzoron ($A_{ki}=A/4$) keresztül áramlik ki A_{ki} keresztmetszeten $v_{ki}=2\text{m/s}$ átlagsebességgel a szabadba.



FELTÉTELEK: ideális közeg stacioner áramlása, $A_t \gg A$; a tartályból csőbe való belépés és a konfúzor veszteségmentes kialakítású.

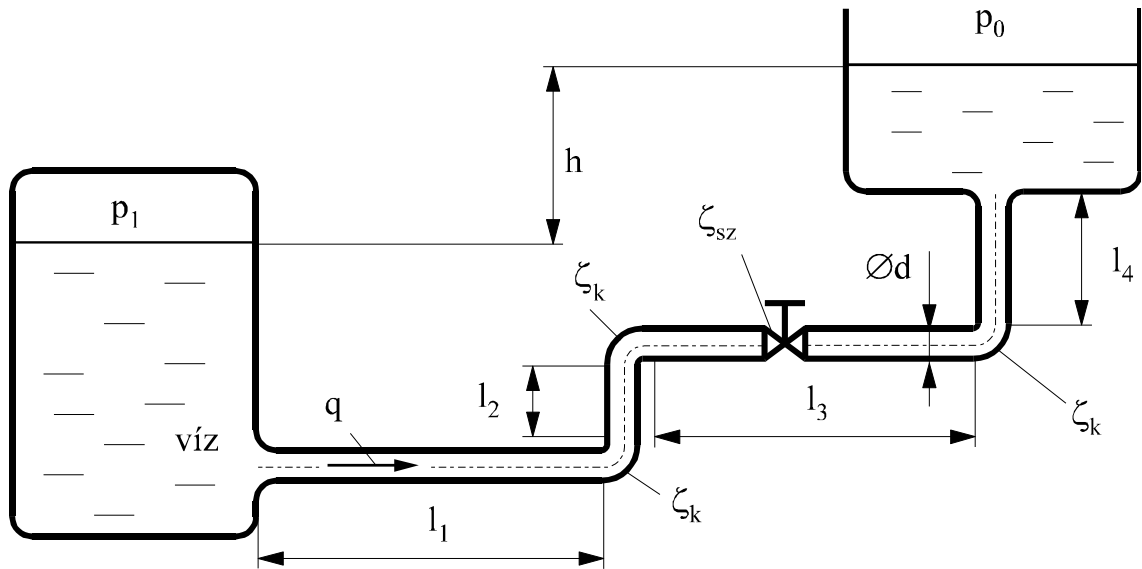
ADATOK: $p_0=10^5\text{Pa}$; $a=400\text{mm}$; $b=300\text{mm}$; $\rho=1000\text{kg/m}^3$; $\mu=10^{-3}\text{kg/(m}\cdot\text{s)}$

- KÉRDÉSEK:**
- A) Számítsa ki a vízcsatorna egyenértékű átmérőjét (d_e), a Reynolds-számot (Re) és a csősúrlódási tényező értékét (λ)!
 - B) Számítsa ki a csősúrlódási veszteséget! ($\Delta p'_{cső}$)
 - C) Mekkora H vízszint tartozik ehhez az áramlási állapothoz?
 - D) Számítsa ki fenti értékeket, ha a $k=0,3\text{mm}$ érdességű a cső? (Kérem, jelölje a Moody-diagramba a leolvasáshoz használt segédvonalakat!)



MEGOLDÁS

B/4.PÉLDA(HIDRAULIKA)



Az ábrán látható baloldali zárt, ismert p_1 nyomású tartályból víz áramlik át a jobboldali nyitott felszínű tartályba. A hidraulikailag sima csővezetékben stacionárius az áramlási állapot.

ADATOK:

$$p_1 = 2 \cdot 10^5 \text{ Pa} \quad \ell_1 = 10 \text{ m}$$

$$p_0 = 10^5 \text{ Pa} \quad \ell_2 = 0,5 \text{ m}$$

$$\rho_{\text{víz}} = 1000 \text{ kg/m}^3 \quad \ell_3 = 6 \text{ m}$$

$$\nu = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \quad \ell_4 = 0,3 \text{ m}$$

$$\zeta_{\text{könyök}} = 1,2$$

$$\zeta_{\text{szelep}} = 3$$

$$h = 4 \text{ m}$$

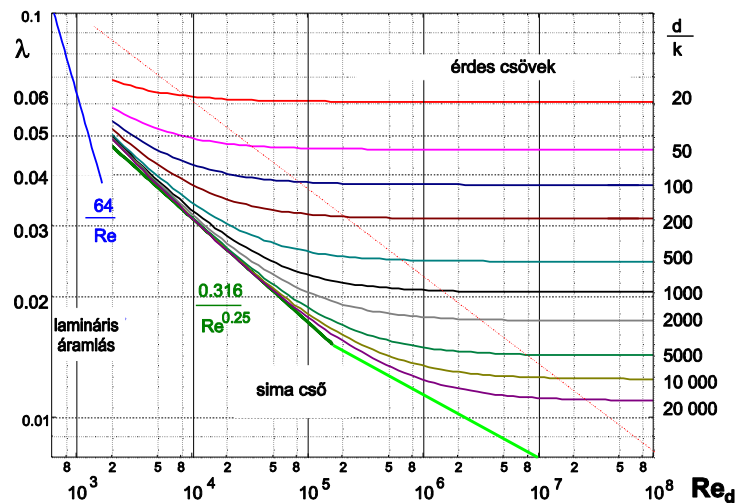
$$d = 20 \text{ mm}$$

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

KÉRDÉS:

Határozza meg a csővezetékben áramló víz térfogatáramát!

(Kérem, jelölje a Moody-diagramba a leolvasáshoz használt segédvonalakat!)

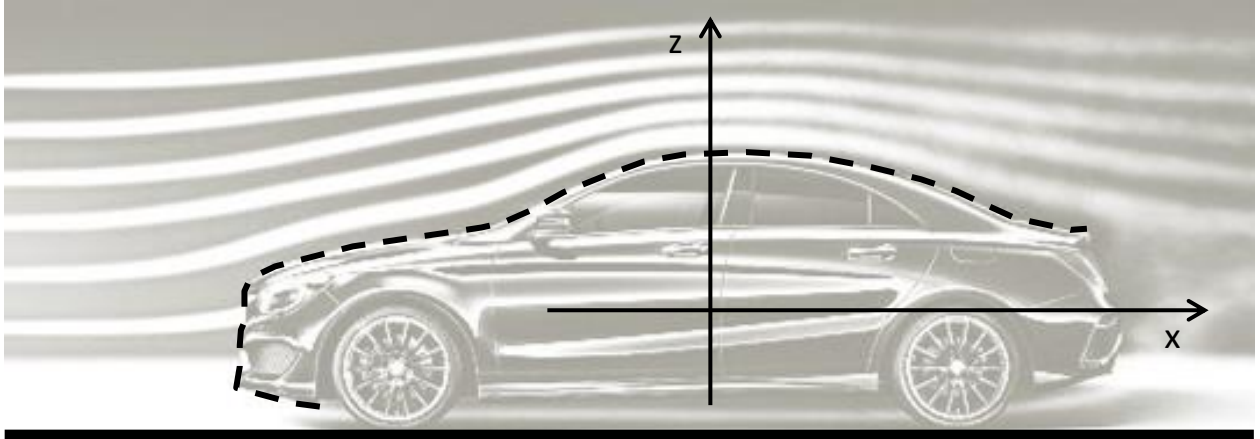


C/1.PÉLDA (áramlásba helyezett testekre ható erő)

Szélcsendben ($\rho_{\text{lev}}=1,2\text{kg/m}^3$), vízszintes egyenes úton előre felé állandó v sebességgel halad az autó. Tudjuk az ellenálláserőt (1425,6N), ellenállástényező (0,30) és felhajtóerő-tényező (0,25) értékeket. Az autó referencia keresztmetszete $A_{\text{ref}}=2,2\text{m}^2$.

KÉRDÉSEK:

A) Az áramvonalak ismeretében jelölje „+” ill. „-” jelekkel a karosszéria szaggatott vonallal jelölt részét végig a lokális túlnyomásos ill. depressziós helyeket! Jelölje „T”-vel a torlópontot is, és számítsa ki itt a torlóponthoz tartozó túlnyomás értékét!



B) Számítsa ki az autó v sebességét és az autóra ható felhajtóerő értékét!

C) Jelölje az ellenálláserőt és felhajtóerőt az ábrában is az adott erő irányába mutató egy-egy nyíllal!

C) Tetőcsomagtartó felszerelésével az ellenállástényező 0,38 értékűre nő, a referencia keresztmetszete $2,5\text{m}^2$ -re nő, az ellenálláserő pedig 35%-kal nő. Mekkora lesz ekkor az autó megváltozott v haladási sebessége?

MEGOLDÁS

C/2.PÉLDA (áramlásba helyezett testekre ható erő)

Az alábbi ábrán egy Mercedes-Benz E-Class Cabriolet személyautó látható. Az autó szélcsendben ($\rho_{\text{lev}}=1,2\text{kg/m}^3$), állandó $v_{\text{max}}=180\text{km/h}$ sebességgel, egyenes úton előre felé halad. Ellenállástényezője tető nélküli kivitelben $c_e=0,35$ értékű, felhajtóerő-tényezője pedig $c_f=0,25$ értékű. Az autó áramlásra merőleges vetületi (ún. referencia) keresztmetszete $A_{\text{ref}}=2,11\text{m}^2$

KÉRDÉSEK:

A) Jelölje „+” ill. „-” jellel végig az autó felületén a lokális túlnyomásos ill. depressziós helyeket

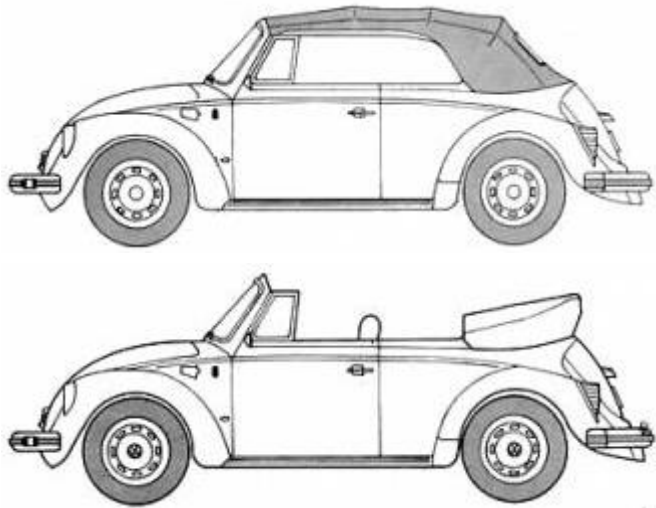


B) Számítsa ki az aerodinamikai ellenálláserőt és a felhajtóerőt tető nélküli alapesetre!

C) Ha a sofőr becsukja a vászontetőt, akkor az ellenállástényező 0,32 értékűre csökken, ugyanakkor a referencia keresztmetszet $2,25\text{m}^2$ -re nő, az autóra ható ellenálláserő pedig 5%-kal csökken! Mekkora lesz ekkor az autó sebessége?

C/3.PÉLDA (áramlásba helyezett testekre ható erő)

Az alábbi ábrán egy VW személyautó látható. Az autó $v=90\text{km/h}$ állandó sebességgel egyenes, vízszintes úton szélcsendben menetiránnyal megegyező irányban halad. A teljesen becsukott „zárt” tetős kivitelében az ellenállástényezője 0,41 értékű, a felhajtóerő-tényezője pedig 0,6 értékű. Az autó ún. referencia keresztmetszete „zárt” tetős kivitelben $1,7\text{m}^2$. **ADATOK:** $g=10\text{N/kg}$; $p_0=99625\text{Pa}$; $\rho_{\text{lev}}=1.2\text{kg/m}^3$



KÉRDÉSEK:

- Számítsa ki az autóra ható ellenállás- és felhajtóerőt!
- Ha a kinyitjuk a vászontetőt („nyitott” kivitel), akkor az autó referencia keresztmetszete $1,6\text{m}^2$ -re csökken, és egyben az autó ellenállástényezője 0,55 értékre, a felhajtóerő-tényezője pedig 0,65 értékre változik. Milyen mértékben (hány newtonnal ill. hány %-kal változik) az ellenállás-erő? (Az autó sebessége mindkét esetben azonos: $v=90\text{km/h}$)
- Határozza meg a légellenállásból adódó aerodinamikai veszteségteljesítményt „zárt” ill. „nyitott” tetős kivitelre is!

C/4.PÉLDA (áramlásba helyezett testekre ható erő)

Az **An-225 Mrija** repülőgép ma a világ legnagyobb teherszállító gépe.



Főbb adatai:

- szárny referencia felülete: 900m^2 ,
- max.tolóerő: $229,5\text{kN/db}$ (6db hajtómű)
- utazósebesség: 850km/h
- utazómagasság: 9km

ADATOK:

Ebben a példában $g=9,81\text{N/kg}$ értékkel számoljon! 9km utazómagasságon: $\rho_{\text{lev}}=0,47\text{kg/m}^3$

KÉRDÉS:

- Határozza meg a repülőgépre ható ellenállás- ill. felhajtóerőt és az ellenállás- ill. felhajtóerő-tényezőt abban az esetben, ha a repülőgép szállított teherrel együttes tömege 600tonna , és a repülő szélcsendben 9km magasan repül vízszintesen, állandó 810km/h sebességgel, 200kN/db hajtóművenkénti tolóerőt kifejtve!
- Számítsa ki a repülőgép siklószámát! (A siklószám az erőtényezők hányadosa $S=C_f/C_e$)