BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS
GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
KÖZLEKEDÉSMÉRNÖKI KAR
VASÚTI JÁRMŰVEK TANSZÉK

ÁLTALÁNOS JÁRMŰGÉPTAN

a Közlekedésmérnöki B.Sc. szak hallgatói számára

Feladatok és megoldások

Segédlet

BUDAPEST

2006

Tartalom

Felhasznált és ajánlott irodalom:

Dr. Szabó András: MÉRNÖKI FIZIKA FELADATGYŰJTEMÉNY
Műegyetemi Kiadó, 1998. - 75006

Feladatmegoldás ajánlott fő lépései:

1. *A rendelkezésre álló adatok kigyűjtése a feladatkiírásból.*
2. *Adatok átváltása SI mértékrendszerbe.*
3. *A felhasználandó fizikai összefüggések felírása.*
4. *Az összefüggések átalakítása, az ismeretlen(ek) kifejezése.*
5. *Behelyettesítés.*
6. *Végeredmény.*
7. *Szükség esetén a végeredmény átváltása a kívánt mértékegységbe.*

A segédletben előforduló hibákat kérjük jelezze a Vasúti Járművek Tanszéken, hogy a későbbiekben kijavíthassuk. Fáradozását előre is köszönjük!

1.1.

Egy egyenáramú villamos motor hatásfokát akarjuk meghatározni egy adott üzemállapotban. Mérjük a P_1 bemenő villamos teljesítményt, a motor tengelyén leadott M_2 nyomatékot és az n_2 fordulatszámot. Az öt független mérés eredményeit az adattáblázat tartalmazza.

a) Határozza meg a mért mennyiségek számtani középértékét (P_a, M_a, n_a) és az egyes mérési eredmények relatív hibájának közelítő értékét (h_{P1}, h_{M2}, h_{n2})!

b) Vezesse le a hatásfok relatív hibájának képletét a P_1, M_2 és n_2 relatív hibájának függvényében!

c) Számítsa ki a motor η_K közelítő hatásfokát, és a b) pontban kapott összefüggés felhasználásával határozza meg a hatásfok relatív hibájának h_η közelítő értékét az egyes mérésekre vonatkozóan!

d) Adjon becslést a hatásfok közepes relatív hibájára ($h_{\eta K}$)!

Adatok:

P_1 [W]	37169	35898	37546	35958	36297
M_2 [Nm]	229.6	224.9	232.1	223.4	228.1
n_2 [1/s]	25.4	24.4	24.6	24.4	24.3

1.1. megoldás

a)

$$Pa = \frac{1}{5} \cdot \sum_{i=1}^{5} P_{1i} = 36573W \qquad h_{P_{1i}} = \frac{P_{1i} - P_a}{P_a}$$

$$Ma = \frac{1}{5} \cdot \sum_{i=1}^{5} M_{2i} = 227{,}62Nm \qquad h_{M_{2i}} = \frac{M_{2i} - M_a}{M_a}$$

$$na = \frac{1}{5} \cdot \sum_{i=1}^{5} n_{2i} = 24{,}62 \frac{1}{s} \qquad h_{n_{2i}} = \frac{n_{2i} - n_a}{n_a}$$

h_{P1} [%]	1.63	-1.85	2.66	-1.68	-0.76
h_{M2} [%]	0.87	-1.19	1.97	-1.85	0.21
h_{n2} [%]	3.17	-0.89	-0.08	-0.89	-1.30

b) $$\eta_i = \frac{P_{2i}}{P_{1i}} = \frac{M_{2i} \cdot 2\pi \cdot n_{2i}}{P_{1i}} \Rightarrow \boxed{h_\eta = h_{M_2} + h_{n_2} - h_{P_1}}$$

c)

η_i [%]	98.58	96.05	95.56	95.25	95.95
H_η [%]	2.41	-0.24	-0.77	-1.06	-0.33

$$\eta_K = \frac{1}{5} \cdot \sum_{i=1}^{5} \eta_i = 96{,}27\%$$

d) $h_{\eta_K} = \frac{1}{5} \cdot \sum_{i=1}^{5} h_{\eta_i} = 0{,}96\%$

1.2.

Egy kút mélységét időméréssel kívánjuk meghatározni oly módon, hogy a kútba köveket ejtünk, és mérjük a kövek elejtésétől a vízbeesésükig eltelt időt.

Öt egymást követő független mérés a t adatsorozatot szolgáltatta.

(A nehézségi gyorsulás ismert értéke $g = 9{,}80665\ m/s^2$, és a számítás során a légellenállás hatásától eltekintünk.)

a) Határozza meg az időadatok t_a átlagértékét és s^* korrigált tapasztalati szórását!

b) Határozza meg az egyes mérések relatív hibájának h_t közelítő értékét! (Látszólagos relatív hiba)

c) Az idő t_a átlagértékéből kiindulva határozza meg a kút H közelítő (értékét) mélységét!

d) Az időmérés relatív hibájából kiindulva adja meg a mélységmérés relatív hibájának meghatározására szolgáló összefüggést, és ennek alapján határozza meg a mélységmérés h_H relatív hibáját az egyes mérésekre vonatkozóan!

Adatok:

t [s]	3.5	4.0	3.7	3.1	3.8

1.2. megoldás

a) $t_a = \frac{1}{5} \cdot \sum_{i=1}^{5} t_i = \frac{1}{5} \cdot (3{,}5 + 4{,}0 + 3{,}7 + 3{,}1 + 3{,}8) = 3{,}62s$

$$s_n^* = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x}_n)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{5} (t_i - t_a)^2}{5-1}} = 0{,}34s$$

(mértékegység!)

b) $h_{t_i} = \frac{t_i - t_a}{t_a} = \frac{t_i}{t_a} - 1$

h_t [%]	-3.31	10.5	2.21	-14.36	4.97

c) $H = \frac{g}{2} \cdot t_a^2 = \frac{9.80665}{2} \cdot 3.62^2 = 64.26m$

d) $h_H = 2 \cdot h_t$

h_H [%]	-6.63	20.99	4.42	-28.73	9.94

1.3.

Egy rugóra vonatkozóan az F erő és az y deformáció közötti kapcsolatot méréssel vizsgáljuk. A mérési eredmények a táblázat szerinti értékeket szolgáltatták.

A vizsgált rugó előfeszítés nélküli, így az erő és a deformáció kapcsolata $F = s \cdot y$ lineáris alakban vehető fel.

a) Vezesse le az s meghatározására szolgáló képletet a legkisebb négyzetek módszerének alkalmazásával!

b) Számítsa ki s optimális értékét a mérési eredmények alapján (s')!

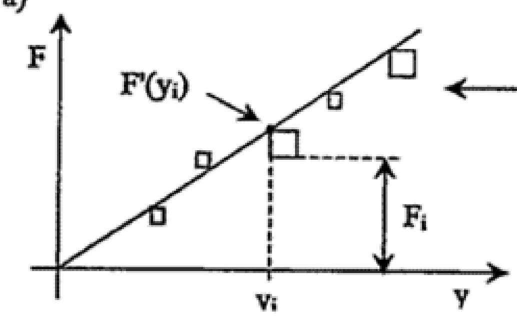
c) Optimális s' esetén határozza meg az y megadott értékeihez tartozó F' számított függvényértékeket, és a célfüggvény Φ' értékét!

Adatok:

y [mm]	20	40	48	56	65
F [N]	35.1	68.0	82.5	95.4	111.4

1.3. megoldás

a)



{Keressük azt az egyenest, amelynél a "kis négyzetek" összterülete a legkisebb.}

$F = s \cdot y$

$$\Phi(s) = \sum_{i=1}^{n} \left[F_i - (s \cdot y_i)\right]^2 = \min !$$

(A $\Phi(s)$ - célfüggvény legyen minimális!)

$$\frac{d\Phi}{ds} = \sum_{i=1}^{n} 2 \cdot \left[F_i - (s \cdot y_i)\right] \cdot (-y_i) \stackrel{!}{=} 0$$

$$s \cdot \sum_{i=1}^{n} y_i^2 = \sum_{i=1}^{n} F_i \cdot y_i$$

$$\boxed{s' = \frac{\sum_{i=1}^{n} F_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^{n} y_i^2}}$$

b) $\sum_{i=1}^{5} F_i \cdot y_i = 19965 Nmm$

$\sum_{i=1}^{5} y_i^2 = 11665 mm^2$

$$s' = \frac{\sum_{i=1}^{5} F_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^{5} y_i^2} = \frac{19965}{11665} = 1.7116 \frac{N}{mm}$$

c) $\Phi' = \sum_{i=1}^{5} \left[F_i - (s' \cdot y_i)\right]^2 = 1.3099 N^2$

$F' = s' \cdot y$

F' [N]	34.2	68.5	82.2	95.8	111.3

(A számított értékeket egy tizedesjegy pontossággal adjuk meg, hiszen a mért értékek is csak ilyen pontosságúak voltak!)

1.4.

Egy számítógép vezérlésű (CNC) esztergagépen tengelyeket gyártunk. A tengelyek előírt (névleges) átmérője d_n, a megengedett tűrése (a névleges mérettől való eltérése) $\pm \Delta d$. A tengelyek átmérőjét méréssel meghatározzuk. Az öt független mérés eredményét a táblázat tartalmazza.

a) Határozza meg a mért átmérőadatok d_a átlagértékét és s^* korrigált tapasztalati szórását!

b) Határozza meg az egyes mérések relatív hibájának közelítő értékét (h_d)! /h_d - látszólagos relatív hiba/

c) Adja meg a tengely keresztmetszet (A) relatív hibájának (h_A) meghatározására szolgáló összefüggést, és ennek alapján határozza meg a keresztmetszet relatív hibáját ez egyes mérésekre vonatkozóan!

d) Feltesszük, hogy a mérési eredmények a Gauss-féle (normális) eloszlást követik. A gép beállításai megfelelőek, ha selejtes (tűrésen kívül eső) alkatrészek aránya legfeljebb 5%. Kérdés, hogy megfelelő-e az esztergagép beállítása?

Adatok:
$d_n = 40\ mm$
$\Delta d = 0.1\ mm$

d [mm]	40.01	40.05	39.98	40.06	39.97

1.4. megoldás

a) $d_a = \frac{1}{5} \cdot \sum_{i=1}^{5} d_i = 40.014\ mm$

$$s^* = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{5}(d_i - d_a)^2}{5-1}} = 0.040mm$$

b) $h_d = \frac{d_i - d_a}{d_a} = \frac{d_i}{d_a} - 1$

h_d [%]	$-0.99 \cdot 10^{-2}$	$8.99 \cdot 10^{-2}$	$-8.49 \cdot 10^{-2}$	$11.49 \cdot 10^{-2}$	$-10.99 \cdot 10^{-2}$

c) $\longrightarrow$ $A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$ $h_A = 2 \cdot h_d$

h_A [%]	$-1.99 \cdot 10^{-2}$	$17.99 \cdot 10^{-2}$	$-16.99 \cdot 10^{-2}$	$22.99 \cdot 10^{-2}$	$-21.99 \cdot 10^{-2}$

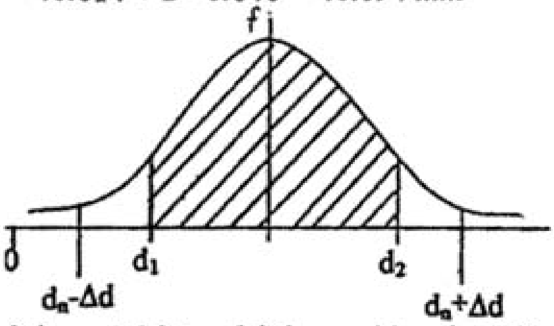
d) $\longrightarrow$ Gauss eo. $d_1 = d_a - 2 \cdot s^* = 40.014 - 2 \cdot 0.040 = 39.934\ mm$

$d_2 = d_a + 2 \cdot s^* = 40.014 + 2 \cdot 0.040 = 40.094\ mm$

$P\{d_1 \le d < d_2\} = 95\%$

$d_n - \Delta d = 40 - 0.1 = 39.9\ mm < d_1$

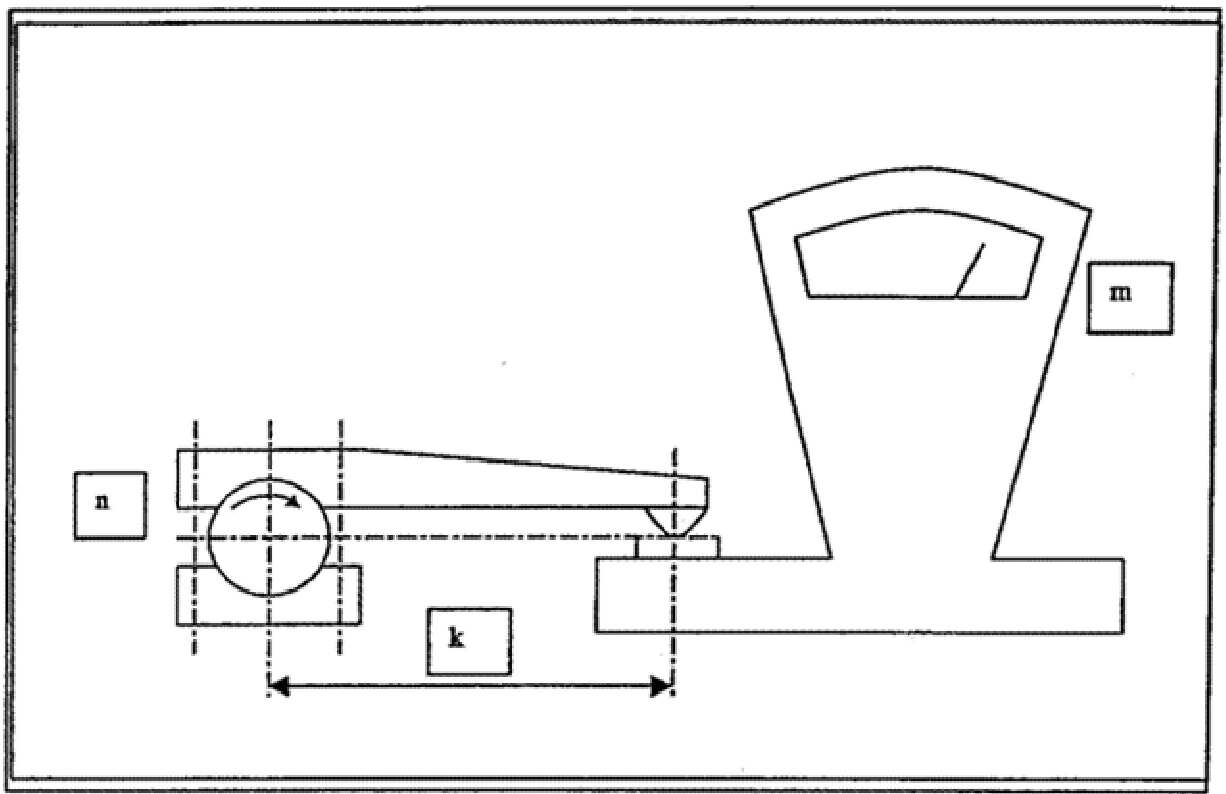
$d_n + \Delta d = 40 + 0.1 = 40.1\ mm > d_2$



Az alkatrészeknek több, mint 95%-a a tűrésen belül van, tehát a selejt kevesebb, mint 5%.

<u>A szerszámgép beállításai megfelelőek.</u>

2.1.



Egy villamos motor teljesítményét *Prony-fék* segítségével kívánjuk meghatározni. A motor fordulatszáma **n**, a *Prony-fék* karja **k**, a mérleg pedig **m** tömeget mutat.

a.) Mekkora a villamos motor leadott teljesítménye (P_2)*Adatok:*

n = 1440 1/min

k = 800 mm

m = 8,5 kg

2.1. megoldás

n = 1440 1/min = 24 1/s
k = 800 mm = 0,8 m
m = 8,5 kg

$$F = m \cdot g = 8{,}5 \cdot 9{,}81 = 83{,}4N$$
$$M = F \cdot k = 83{,}4 \cdot 0{,}8 = 66{,}72Nm$$
$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n = 2 \cdot \pi \cdot 24 = 150{,}8\frac{rad}{s}$$
$$P = M \cdot \omega = 66{,}72 \cdot 150{,}8 = 10061W$$
$$P = 10{,}061kW$$

2.2.

Egy tolatómozdony sebességének előjeles nagyságát az idő függvényében a alábbi ábra mutatja.

a.) Határozza meg a [0, t_5] intervallumban a gyorsulás abszolút értékének maximumát!

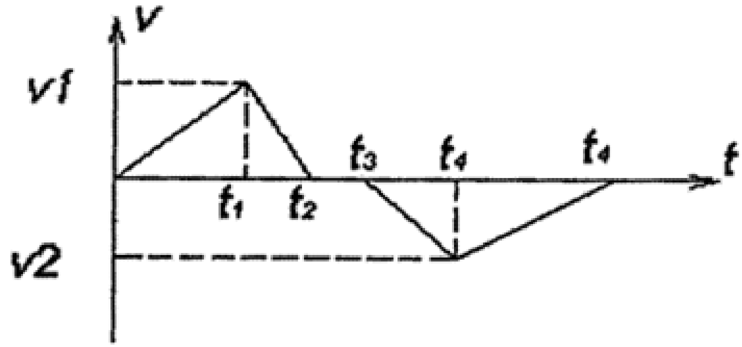
b.) Rajzolja fel a mozgásfolyamat *gyorsulás–idő* diagrammját!

c.) Mekkora a mozdony tömegközéppontjának s_5 elmozdulása a t_5 időpontban, a kezdeti helyzethez képest?

Adatok:

$v_1 = 28$ km/h
$v_2 = -26$ km/h
$t_1 = 20$ s
$t_2 = 32$ s
$t_3 = 45$ s
$t_4 = 58$ s
$t_5 = 84$ s

2.2. megoldás



$v_1 = 28$ km/h $= 7{,}778$ m/s
$v_2 = -26$ km/h $= -7{,}222$ m/s
$t_1 = 20$ s, $t_2 = 32$ s, $t_3 = 45$ s, $t_4 = 58$ s, $t_5 = 84$ s

---

a.) $a_1 = \frac{v_1}{t_1} = \frac{7{,}778}{20} = 0{,}389\frac{m}{s^2}$

$a_2 = \frac{0 - v_1}{t_2 - t_1} = -0{,}648\frac{m}{s^2}$

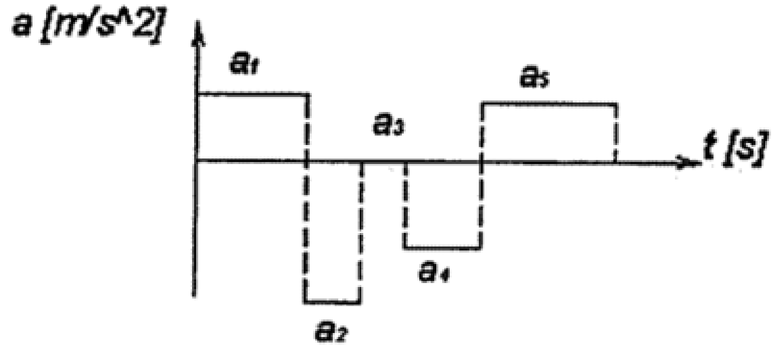
$a_3 = 0\frac{m}{s^2}$

$a_4 = \frac{v_2}{t_4 - t_3} = -\frac{7{,}778}{58 - 45} = -0{,}556\frac{m}{s^2}$

$a_5 = \frac{0 - v_2}{t_5 - t_4} = \frac{7{,}222}{84 - 58} = 0{,}278\frac{m}{s^2}$

$\boxed{a_m = |a_2| = 0{,}648\frac{m}{s^2}}$

b.)



c.)

$$s_1 = \frac{a_1}{2} \cdot t_1^2 = \frac{0{,}389}{2} \cdot 20^2 = 77{,}8m$$

$$s_2 = v_1 \cdot (t_2 - t_1) + \frac{a_2}{2} \cdot (t_2 - t_1) = 7{,}778 \cdot (32 - 20) - \frac{0{,}648}{2} \cdot (32 - 20)^2 = 46{,}68m \quad s_3 = 0$$

$$s_4 = \frac{a_4}{2} \cdot (t_4 - t_3)^2 = -\frac{0{,}556}{2} \cdot (58 - 45)^2 = -46{,}982m$$

$$s_5 = v_2 \cdot (t_5 - t_4) + \frac{a_5}{2} \cdot (t_5 - t_4)^2 =$$

$$= -7{,}222 \cdot (84 - 58) + \frac{0{,}278}{2} \cdot (84 - 58)^2 = -93{,}81m$$

$$s(t_5) = \sum_{i=1}^{5} s_i = 77{,}8 + 46{,}68 + 0 - 46{,}98 - 93{,}81 = -16{,}31m$$

$$\boxed{s(t_5) = -16{,}31m}$$

2.3.

A $t = 0$ időpillanatban egymás mellől egyszerre indul egy személygépkocsi és egy motorkerékpár. A szgk. Legnagyobb sebessége v_g, állandó gyorsulása a_g. A motorkerékpár t_m idő alatt állandó gyorsulással felgyorsít v_m megengedett maximális sebességére.

a.) Mekkora s_{gg} ill. s_{gm} utat tesznek meg a járművek gyorsítás közben?

b.) Az indulás után mennyi idővel éri utol a szgk. a motorkerékpárt (t_u), és ekkor milyen messze vannak a kiindulási ponttól (s_u)?

c.) Melyik t_x időpillanatban vannak egymástól legtávolabb a járművek, és mekkora ez az s_x távolság?

d.) Az azonos mennyiségeket közös diagramban ábrázolva rajzolja fel a sebességek és az elmozdulások időbeli változását a jellemző számértékek feltüntetésével!

Adatok:

$V_g = 60$ km/h

$a_g = 1{,}05$ m/s^2

$t_m = 9$ s

$v_m = 50$ km/h

2.3. megoldás

$v_g = 60$ km/h $= 16{,}667$ m/s $a_g = 1{,}05$ m/s^2

$v_m = 50$ km/h $= 13{,}889$ m/s $t_m = 9$ s

---

a.) $s_{gz} = \frac{a_g}{2} \cdot t_g^2, \quad t_g = \frac{v_g}{a_g} \quad \Longrightarrow \quad s_{gz} = \frac{v_g^2}{2 \cdot a_g} = \frac{16{,}667^2}{2 \cdot 1{,}05} = 132{,}28m$

$$t_g = \frac{v_g}{a_g} = \frac{16{,}667}{1{,}05} = 15{,}873s$$

$$s_{gm} = \frac{a_m}{2} \cdot t_m^2, \qquad a_m = \frac{v_m}{t_m} \quad \Longrightarrow \quad s_{gm} = \frac{v_m}{2} \cdot t_m = \frac{13{,}889}{2} \cdot 9 = 62{,}50m$$

$$a_m = \frac{v_m}{t_m} = \frac{13{,}889}{9} = 1{,}543 \frac{m}{S^2}$$

b.) $s_u = s_{gz} + v_g \cdot (t_u + t_g) = s_{gm} + v_m \cdot (t_u - t_m)$

$$t_u = \frac{s_{gz} - s_{gm} - v_g \cdot t_g + v_m \cdot t_m}{v_m - v_g} =$$

$$\frac{132{,}28 - 62{,}50 - 16{,}667 \cdot 15{,}873 + 13{,}889 \cdot 9}{13{,}889 - 16{,}667} = 25{,}12s$$

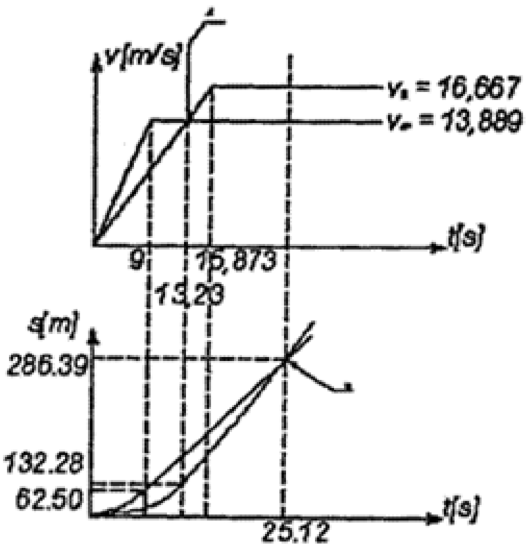
$$s_u = 132{,}28 + 16{,}667 \cdot (25{,}12 - 15{,}873) = 286{,}39m$$

c.) $v_m = a_g \cdot t_x \quad \Longrightarrow \quad t_x = \frac{v_m}{a_g} = \frac{13{,}889}{1{,}05} = 13{,}23s$

$$s_x = s_{gm} + v_m \cdot (t_x - t_m) - \frac{a_g}{2} \cdot t_x^2 =$$

$$62{,}50 + 13{,}889 \cdot (13{,}23 - 9) - \frac{1{,}05}{2} \cdot 13{,}23^2 = 29{,}36m$$

d.)



2.4.

Egy egyfokozatú fogaskerekes hajtóműben ismert behajtó oldali *(1)* kisfogaskerék fogszáma (z_1), a kihajtóoldali *(2)* nagyfogaskerék fogaskerék fogszáma (z_2) és a fogaskerekek modulja (m). A behajtó tengelyt P_1 teljesítmény kifejtése közben n_1 fordulatszámmal forgatjuk. A fogaskerekes hajtómű hatásfoka η .

a.) Határozza meg a hajtómű **i** fordulatszám módosítását és **k** nyomaték módosítását!

b.) Határozza meg a kihajtó oldali M_2 nyomatékot!

c.) Számítsa ki a fogaskerekek a tengelytávját és a t fogosztást!

Adatok:

P_1=20kW

n_1=2100 1/min

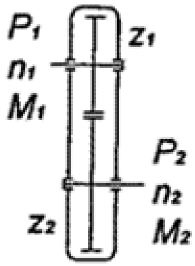
$\eta = 98\ \%$

$z_1 = 17$

$z_2 = 34$

m = 8

2.4. megoldás



P_1=20kW = 20 000 W
n_1=2100 1/min = 35 1/s
η = 98 % = 0,98
z_1 = 17
z_2 = 34
m = 8

a.) $$i=\frac{\omega_2}{\omega_1}=\frac{n_2}{n_1}=\frac{d_1}{d_2}=\frac{z_1}{z_2}$$

$$\left(Megjegyzés: \qquad i=\frac{\omega_2}{\omega_1}=\frac{2\cdot v/d_2}{2\cdot v/d_1}=\frac{d_1}{d_2}=\frac{m\cdot z_1}{m\cdot z_2}=\frac{z_1}{z_2}\right)$$

v : kerületi sebesség

$$i=\frac{z_1}{z_2}=\frac{17}{34}=0{,}5$$

$$k=\frac{M_2}{M_1}=\frac{P_2/\omega_2}{P_1/\omega_1}=\frac{P_2}{P_1}\cdot\frac{\omega_1}{\omega_2}=\eta\cdot\frac{1}{i}\Rightarrow Megj.:\eta=k\cdot i$$

$$k=0{,}98\cdot\frac{1}{0{,}5}=1{,}98$$

b.) $$M_1=\frac{P_1}{2\cdot\pi\cdot n_1}=\frac{20000}{2\cdot\pi\cdot 35}=90{,}9Nm$$

$$M_2=k\cdot M_1=1{,}98\cdot 90{,}9=180{,}1Nm$$

c.) osztókör átmérők:
$$d_1 = m \cdot z_1$$
$$d_2 = m \cdot z_2$$

tengelytáv: $$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{m \cdot (z_1 + z_2)}{2} = \frac{8 \cdot (17 + 34)}{2} = 204mm$$

fogosztás: $$d_1 = m \cdot z_1 \cdot \pi = t \cdot z_1$$
$$\Downarrow$$
$$t = m \cdot \pi = 8 \cdot \pi = 25{,}133mm$$

2.5.

Egy P_{2n} névleges teljesítményű villamos generátor változó vesztesége a hasznos teljesítmény négyzetével arányos. A gép hatásfoka P_2' hasznos teljesítmény leadása mellett η, a névleges hasznos teljesítmény leadása mellett η_n.

a.) Határozza meg a P_{v0} üresjárási veszteség értékét, és a változó veszteség c konstansának számértékét!
b.) Határozza meg az η^* maximális hatásfokot, és a hozzá tartozó P_2^* optimális terhelés értékét az üzemi tartományon belül!
c.) Rajzolja fel a hatásfok változását a hasznos teljesítmény függvényében!

Adatok:

P_{2n}=230 kW

P_2 = 80 kW

η' = 93,0 %

η_n = 95,0 %

2.5. megoldás

a.) $$\eta' = \frac{P_2'}{P_2' + P_v'} = \frac{1}{1 + \frac{P_v'}{P_2'}} \Rightarrow$$

$$P_v' = P_2' \cdot \left(\frac{1}{\eta'} - 1\right) = 80 \cdot \left(\frac{1}{0{,}93} - 1\right) = 6{,}0215kW$$

$$P_{vn} = P_{2n} \cdot \left(\frac{1}{\eta_n} - 1\right) = 230 \cdot \left(\frac{1}{0{,}95} - 1\right) = 12{,}1053kW$$

$$\left\{\begin{aligned} P'_v &= P_{v0} + c\cdot P_2'^2 \\ P_{vn} &= P_{v0} + c\cdot P_{2n}{}^2 \end{aligned}\right\} \Rightarrow$$

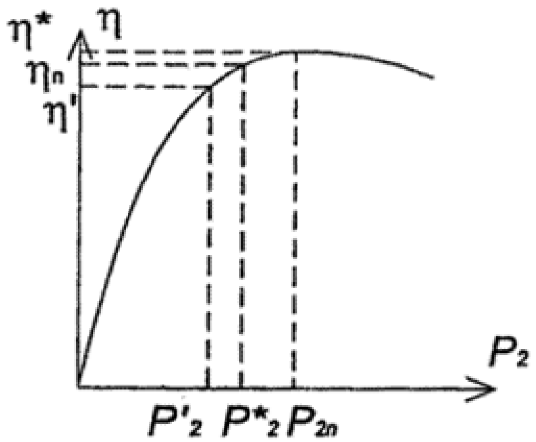
$$c = \frac{P'_v - P_{vn}}{P_2'^2 - P_{2n}^2} = \frac{6{,}0215 - 12{,}1053}{80 - 230} = 0{,}00013083\cdot\frac{1}{kW}$$

$$P_{v0} = P_{vn} - c\cdot P_{2n}^2 = 12{,}1053 - 0{,}00013083\cdot 230^2 = 5{,}184 kW$$

b.) $P_2^* = \sqrt{\dfrac{P_{v0}}{c}} = \sqrt{\dfrac{5{,}184}{0{,}00013089}} = 199{,}1 kW$

$$\eta^* = \frac{1}{1 + 2\cdot\sqrt{c\cdot P_{v0}}} = \frac{1}{1 + 2\cdot\sqrt{0{,}00013083\cdot 5{,}184}} = 95{,}05\%$$

c.)



2.6.

Ábra szerinti **D** átmérőjű, **m** tömegű tömör korongot a hozzá kapcsolódó **d** átmérőjű, elhanyagolható tömegű hengerre felcsévélt súlytalan kötélen keresztül függesztjük fel.

a.) Mekkora a korong **θ** tehetetlenségi nyomatéka, feltéve, hogy a d átmérőjű rész tömege elhanyagolható?

b.) Saját súlyának hatására mozgásba jövő korongnak mekkora az **a** gyorsulása és az **ε** szöggyorsulása?

c.) Mekkora **F** erő ébred a kötélben?

d.) Mekkora a korong **v** sebessége, **ω** szögsebessége és $\mathbf{W_k}$ összes mozgási energiája a megindulást követő **t** idő elteltével?

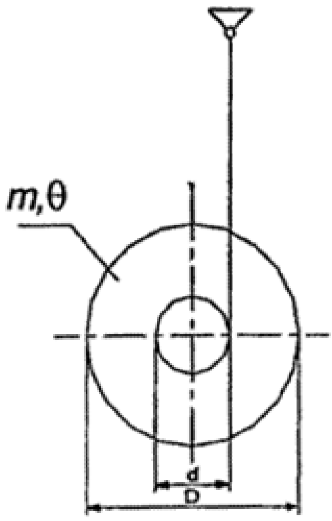
Adatok:

D = 50 mm

m = 0,2 kg

d = 5 mm

t = 2 s



2.6. megoldás

a.) $\theta = \frac{1}{2} \cdot m \cdot R^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \frac{1}{2} \cdot 0{,}2 \cdot \left(\frac{0{,}05}{2}\right)^2 = 6{,}25 \cdot 10^{-5}\, kgm^2$

b.)

$$\left\{\begin{matrix} m \cdot g - F = m \cdot a \\ F \cdot r = \theta \cdot r \end{matrix}\right\} \qquad a = \varepsilon \cdot r$$

$$m \cdot g - F = m \cdot \varepsilon \cdot r$$

$$m \cdot g - \frac{\theta \cdot \varepsilon}{r} = m \cdot \varepsilon \cdot r$$

$$\varepsilon = \frac{m \cdot g}{m \cdot r + \frac{\theta}{r}} = 76{,}941 \cdot \frac{rad}{s^2}$$

$$a = \varepsilon \cdot r = \varepsilon \cdot \frac{d}{2} = 0{,}1923 \cdot \frac{m}{s^2}$$

c.) $F = \frac{\theta \cdot \varepsilon}{r} = \frac{6{,}25 \cdot 10^{-5} \cdot 76{,}941}{0{,}0025} = 1{,}923 N$

d.) $v = a \cdot t = 0{,}1923 \cdot 2 = 0{,}3847 \frac{m}{s}$

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{0{,}3847}{0{,}0025} = 153{,}88 \frac{rad}{s}$$

$$W_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + \frac{1}{2} \cdot \theta \cdot \omega^2 =$$

$$\frac{1}{2} \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}3847^2 + \frac{1}{2} \cdot 6{,}25 \cdot 10^{-5} \cdot 153{,}88^2 = 0{,}754 J$$

2.7.

Egy munkagép periodikusan változó nyomatékigényét a szögelfordulás függvényében az ábra mutatja. A munkagép tengelyének közepes fordulatszáma n, a forgó alkatrészek össztehetetlenségi nyomatéka a lendkerékkel együtt θ.

a.) Határozza meg a hajtómotor által kifejtendő állandó **M** hajtónyomaték nagyságát!
b.) Határozza meg a gépcsoport járásának δ egyenlőtlenségi fokát!
c.) Mekkora a hajtómotor által kifejtendő pillanatnyi teljesítmény P_{max} maximuma?

Adatok:

M_1 = 420 Nm

M_2 = 280 Nm

n = 750 1/min

θ = 1,2 kgm²

2.7. megoldás

M_1 = 420 Nm

M_2 = 280 Nm

n = 750 1/min = 12,5 1/s

θ = 1,2 kgm²

a.) $$M = \frac{M_1 \cdot \frac{3 \cdot \pi}{2} + M_2 \cdot \frac{\pi}{2}}{2 \cdot \pi} = \frac{420 \cdot \frac{3}{2} + 280 \cdot \frac{1}{2}}{2} = 385 Nm$$

b.) $W_t = \theta \cdot \omega_k^2 \cdot \delta \quad \Rightarrow \quad \delta = \frac{W_t}{\theta \cdot \omega_k^2}$ munkatúlmány

$$W_+ = (M_1 - M)\cdot\frac{3\cdot\pi}{2} = (420-385)\cdot\frac{3\cdot\pi}{2} = 164{,}9J$$

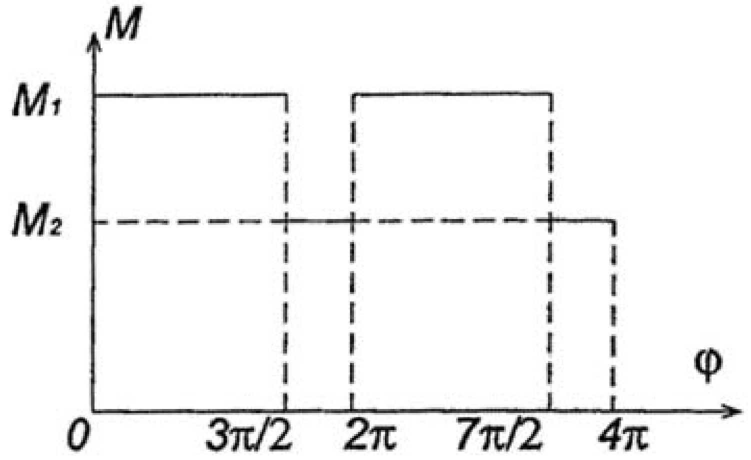
$$Megjegyzés: \left\{ \delta = \frac{\omega_{max} - \omega_{min}}{\omega_k}, \qquad \omega_k = \frac{\omega_{max} + \omega_{min}}{2} \right\}$$

$$\omega_k = 2\cdot\pi\cdot n = 2\cdot\pi\cdot 12{,}5 = 78{,}54\frac{rad}{s}$$

$$\delta = \frac{164{,}9}{1{,}2\cdot 78{,}54^2} = 0{,}02228$$

c.) $$\omega_{max} = \left(\frac{\delta}{2}+1\right)\cdot\omega_k = \left(\frac{0{,}002228}{2}+1\right)\cdot 78{,}54 = 79{,}41\frac{rad}{s}$$

$$P_{max} = M\cdot\omega_{max} = 385\cdot 79{,}41 = 30{,}573kW$$



3.1.

Az ábrán látható, zárt tartályban ρ sűrűségű folyadék felett p_1 nyomású gáz van. A tart oldalán található tisztítónyílás téglalap alakú, és területe **A**.

a.) Mekkora a folyadéknyomásból a nyílás fedelére ható erőrendszer **F** eredője?

b.) A fenti erő eredője milyen h_s magasságban van a nyílás alsó síkjától mérve?

Adatok:

ρ = 13600 kg/m³

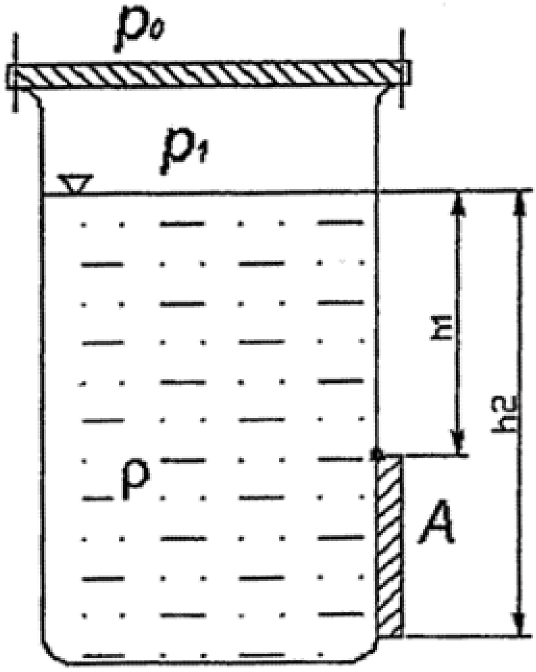
p_1 = 500 kPa

A = 0,25 m²

$p_0 = 100 kPa$

$h_1 = 1\ m$

$h_2 = 1,5\ m$



3.1. megoldás

a.) I. A fedél felső élénél ható nyomás:

$$p_f = p_1 + \rho \cdot g \cdot h_1 = 500000 + 13600 \cdot 9{,}81 \cdot 1 = 633{,}416 kPa$$

II. A fedél alsó élénél ható nyomás:

$$p_a = p_1 + \rho \cdot g \cdot h_2 = 500000 + 13600 \cdot 9{,}81 \cdot 1{,}5 = 700{,}124 kPa$$

$$F = \frac{p_a + p_f}{2} \cdot A = \frac{700{,}127 + 633{,}416}{2} \cdot 0{,}25 = 166{,}69 N$$

b.) $F_1 = p_f \cdot A = 633{,}416 \cdot 0{,}25 = 158{,}35 N$

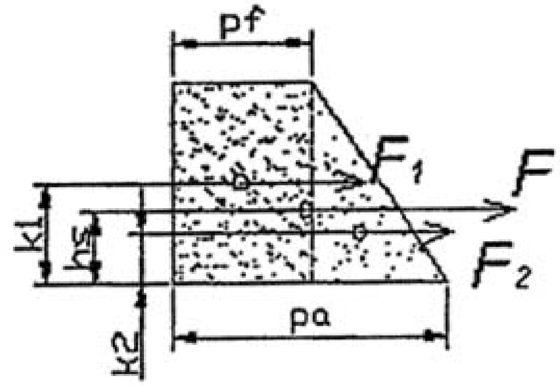
$$F_2 = \left(\left(p_a - p_f\right) \cdot A\right) \cdot \frac{1}{2} = \left((700{,}127 - 633{,}416) \cdot 0{,}25\right) \cdot \frac{1}{2} = 8{,}34 N$$

$$k_1 = (h_2 - h_1) \cdot \frac{1}{2} = (1{,}5 - 1) \cdot \frac{1}{2} = 0{,}25 m$$

$$k_2 = (h_2 - h_1) \cdot \frac{1}{3} = (1{,}5 - 1) \cdot \frac{1}{3} = 0{,}1667m$$

A Statikai Nyomatékok egyensúlya a fedél alsó élére felírva:

$$\sum M = 0 \quad \Rightarrow \quad F_1 \cdot k_1 + F_2 \cdot k_2 = F \cdot h_s$$



$$h_s = \frac{F_1 \cdot k_1 + F_2 \cdot k_2}{F} = \frac{158{,}35 \cdot 0{,}25 + 8{,}34 \cdot 0{,}1667}{166{,}69} = 0{,}2458m$$

3.2.

Egy igen nagyméretű zárt tartályban a folyadék felszíne feletti térben **p** nyomás van. A folyadék sűrűsége ρ . A folyadék felszíne alatt **H** mélységben a tartályból $\mathbf{d_1}$ átmérőjű cső végére szerelt konfúzoron át távozik a folyadék. A konfúzor kilépő átmérője $\mathbf{d_2}$. A környezeti nyomás $\mathbf{p_0}$.

a.) Határozza meg a kifolyási sebességet!
b.) Határozza meg a konfúzor belépő keresztmetszetében a folyadék sebességét!
c.) Határozza meg a konfúzor belépő keresztmetszetében a folyadék nyomását!
d.) Határozza meg a kilépő folyadék térfogatáramát!

Adatok:

p = 250kPa

ρ = 1000 kg/m²

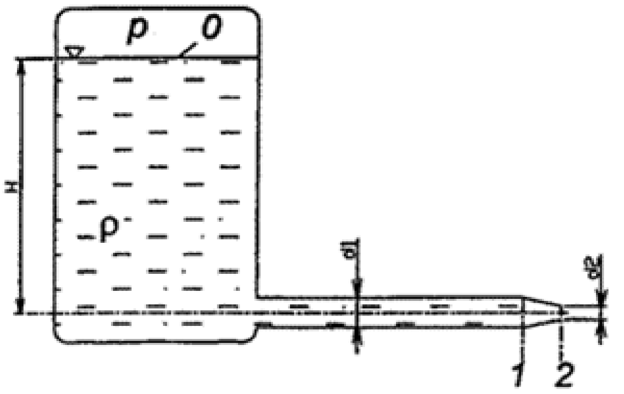
H = 3 m

d_1 = 30 mm

d_2 = 10 mm

p_0 = 100 kPa

3.2. megoldás



a.) B.e. 0-1

$$\frac{p}{\rho \cdot g} + H = \frac{p_0}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} \Rightarrow$$

$$v_2 = \sqrt{2 \cdot g \cdot \left(\frac{p - p_0}{\rho \cdot g} + H \right)} = \sqrt{2 \cdot 9{,}81 \cdot \left(\frac{150}{9{,}81} + 3 \right)} = 18{,}94 \frac{m}{s}$$

b.) $v_1 = \frac{A_2}{A_1} \cdot v_2 = \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^2 \cdot v_2 = \left(\frac{10}{30} \right)^2 \cdot 18{,}94 = 2{,}10 \frac{m}{s}$

c.) B.e. 1-2

$$\frac{p_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} = \frac{p_0}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} \Rightarrow$$

$$p_1 = p_0 + \frac{\rho}{2} \cdot \left(v_2^2 - v_1^2 \right) = 10^5 + \frac{1000}{2} \cdot \left(18{,}94^2 - 2{,}10^2 \right) = 277{,}16 kPa$$

d.) $Q = A_2 \cdot v_2 = \frac{d_2^2 \cdot \pi}{4} \cdot v_2 = \frac{0{,}01^2 \cdot \pi}{4} \cdot 18{,}94 = 1{,}4875 \cdot 10^{-3} \frac{m^3}{s} = 1{,}4875 \frac{l}{s}$

3.3.

Az ábrán vázolt Venturi-csőben ρ_l sűrűségű levegő áramlik. Az áramlás veszteségmentes, és a benzintartályban ρ_b sűrűségű benzin szintje állandó.

a.) Határozza meg, hogy időegység alatt mennyi $\dot{Q}$ levegőt kell átáramoltatni a Venturi-csövön, hogy a legszűkebb keresztmetszetbe bekötött függőleges csővel a tartályban lévő benzint a függőleges cső végéig felszívjuk!

b.) Adja meg a folyadék v_1, v_2 áramlási sebességét 1-es és 2-es jelű pontokban!

Adatok:

$D_1 = 80$ mm

$D_2 = 30$ mm

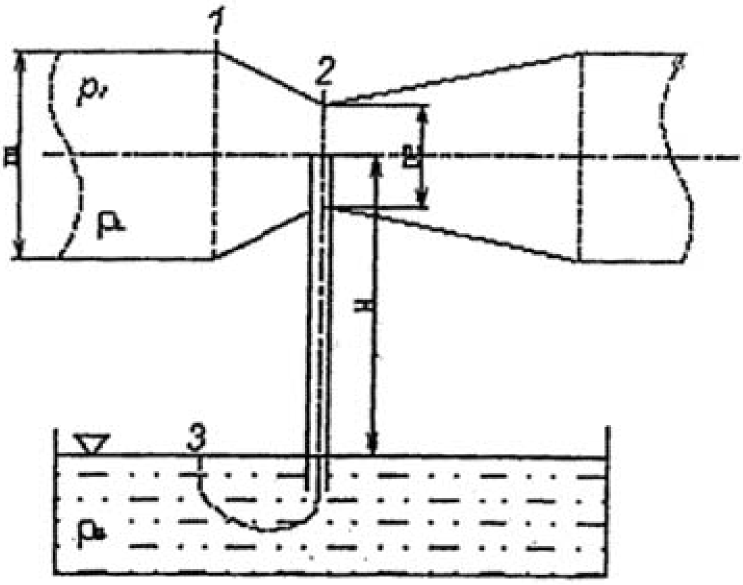
$H = 250$ mm

$p_0 = 98{,}1$ kPa

$p_1 = 102$ kPa

$\rho_l = 1{,}2$ kg/m^3

$\rho_b = 850$ kg/m^3



3.3. megoldás

$D_1 = 80$ mm $= 0{,}08$m
$D_2 = 30$ mm $= 0{,}03$m
$H = 250$ mm $= 0{,}25$m
$p_0 = 98{,}1$ kPa
$p_1 = 102$ kPa
$\rho_l = 1{,}2$ kg/m^3
$\rho_b = 850$ kg/m^3

B.e. 3-2

$$\frac{\rho_b}{2} \cdot v_{3b}^2 + p_0 + 0 = \frac{\rho_b}{2} \cdot v_{2b}^2 + p_2 + \rho \cdot g \cdot H \qquad \Leftarrow \qquad v_{3b} = v_{2b} = 0$$

$$p_2 = p_0 - \rho_b \cdot g \cdot H = 98{,}1 \cdot 10^3 - 850 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}25 = 96{,}015 kPa$$

B.e. 1-2

$$\frac{\rho_l}{2} \cdot v_1^2 + p_1 = \frac{\rho_l}{2} \cdot v_2^2 + p_2 \quad \Leftarrow \quad v_1 = v_2 \cdot \frac{A_2}{A_1} = v_2 \cdot \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2$$

$$p_1 - p_2 = \frac{\rho_l}{2} \cdot v_2^2 \cdot \left(1 - \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^4\right)$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot (p_1 - p_2)}{\rho_l \cdot \left(1 - \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^4\right)}} = \sqrt{\frac{2 \cdot (102 - 96{,}015) \cdot 10^3}{1{,}2 \cdot \left(1 - \left(\frac{30}{80}\right)^4\right)}} = 100{,}9 \frac{m}{s}$$

$$v_1 = v_2 \cdot \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2 = 100{,}9 \cdot \left(\frac{30}{80}\right)^2 = 14{,}19 \frac{m}{s}$$

$$\dot{Q} = v_2 \cdot A_2 = v_2 \cdot \frac{D_2^2 \cdot \pi}{4} = 100{,}9 \cdot \frac{0{,}03^2 \cdot \pi}{4} = 0{,}0713 \frac{m^3}{s} = 71{,}3 \frac{l}{s}$$

3.4.

Egy függőlegesen felfelé irányított kifolyócsövet nagyméretű tartályból, az ábrán vázolt csővezetéken keresztül ρ sűrűségű folyadékkal táplálunk. A folyadéksugár útjába egy mindvégig vízszintes helyzetű, m tömegű síklapot helyezünk. A kilépő szabadsugár, a síklap és a környezet közötti súrlódás elhanyagolható.

a.) Határozza meg a folyadék v áramlási sebességét a csővezetékben!

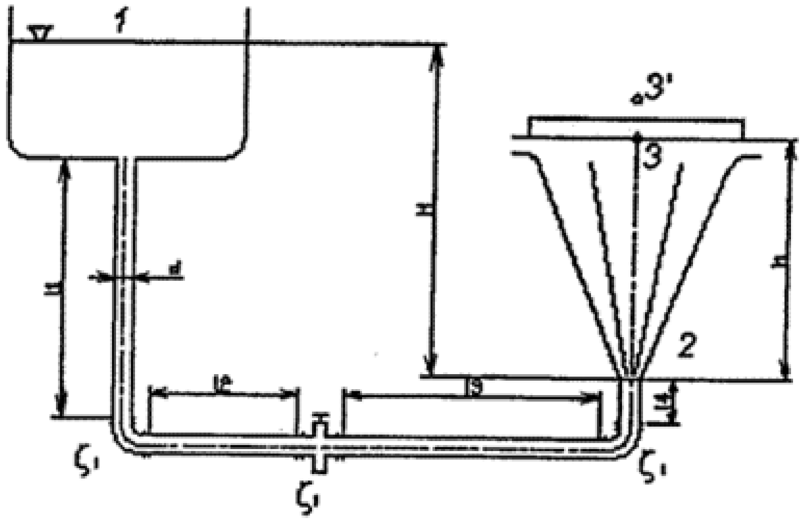
b.) Milyen h magasságban kerül egyensúlyba a síklap?

c.) Határozza meg milyen h' magasságba emelkedne a folyadéksugár, ha síklap nem állna útjába!

Adatok:

m = 1,6 kg	$\lambda = 0{,}03$
H = 5 m	$\zeta_t = 0{,}14$
$l_1 = 4{,}5$ m	$\zeta_s = 0{,}1$
$l_2 = 1{,}2$ m	d = 50 mm
$l_3 = 0{,}6$ m	$\rho = 1000\ kg/m^3$

$l_4 = 0{,}2$ m



3.4. megoldás

a.) Veszteséges B.e. 1-2

$$\frac{\rho}{2}\cdot\underbrace{v_1^2}_{\approx 0 \Leftarrow nagy\ tartály} + p_0 + \rho\cdot g\cdot H = \frac{\rho}{2}\cdot v_2^2 + p_0 + 0 + \frac{\rho}{2}\cdot v_2^2\cdot\left(2\cdot\zeta_1 + \zeta_t + \frac{\lambda}{d}\cdot(l_1+l_2+l_3+l_4)\right)$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2\cdot g\cdot H}{1+\left(2\cdot\zeta_1+\zeta_t+\frac{\lambda}{d}\cdot(l_1+l_2+l_3+l_4)\right)}} = \frac{2\cdot 9{,}81\cdot 5}{1+\left(2\cdot 0{,}14+0{,}1+\frac{0{,}03}{0{,}05}\cdot(4{,}5+1{,}2+0{,}6+0{,}2)\right)}$$

$$v_2 = 4{,}31\frac{m}{s}$$

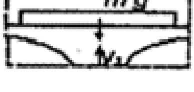
c.) B.e.2-3' *(az egyszerűbb esetet tárgyalva)*

$$\frac{\rho}{2}\cdot v_2^2 + p_0 + \rho\cdot g\cdot 0 + \frac{\rho}{2}\cdot v_{3'}^2 + p_0 + \rho\cdot g\cdot h'$$

$$h' = \frac{v_2^2}{2\cdot g} = \frac{4{,}31^2}{2\cdot 9{,}81} = 0{,}947m$$

$$\left\{ vagy: \frac{1}{2}\cdot m\cdot v_2^2 = m\cdot g\cdot h' \Rightarrow h' = \frac{v_2^2}{2\cdot g} \Leftarrow u.a. \right\}$$

b.)



$$A_2 = \frac{d^2\cdot\pi}{4} = \frac{0{,}05^2\cdot\pi}{4} = 1{,}9635\cdot 10^{-3}m^2$$

Impulzus tétel: $F = \dot{m}\cdot v_3 = m\cdot g \Rightarrow$

$$v_3 = \frac{m \cdot g}{v_2 \cdot \rho \cdot A_2} = \frac{1{,}6 \cdot 9{,}81}{4{,}31 \cdot 10^3 \cdot 1{,}9635 \cdot 10^{-3}} = 1{,}8547 \frac{m}{s}$$

B.e. 2-3

$$\frac{\rho}{2} \cdot v_2^2 + p_0 + \rho \cdot g \cdot 0 + \frac{\rho}{2} \cdot v_3^2 + p_0 + \rho \cdot g \cdot h$$

$$h = \frac{1}{2 \cdot g} \cdot \left(v_2^2 - v_3^2\right) = \frac{1}{2 \cdot 9{,}81} \cdot \left(4{,}31^2 - 1{,}8547^2\right) = 0{,}7715 m$$

3.5.

Egy csővezeték szabadba nyíló végére az ábrán vázolt módon, csavarkötéssel konfúzort (szűkülő csőtoldatot) szerelünk fel. A csőből víz távozik a szabadba. Az 1 jelű pontban az abszolút nyomás p_1, a környezeti nyomás p_0, a víz sűrűsége ρ.

a.) Mekkora a víz v kiömlési sebessége?
b.) Mekkora a v_1 sebesség az 1 jelű pontban?
c.) Mekkora vízszintes F erő terheli a konfúzor felerősítő csavarját?

Adatok:

p_1 = 127 kPa

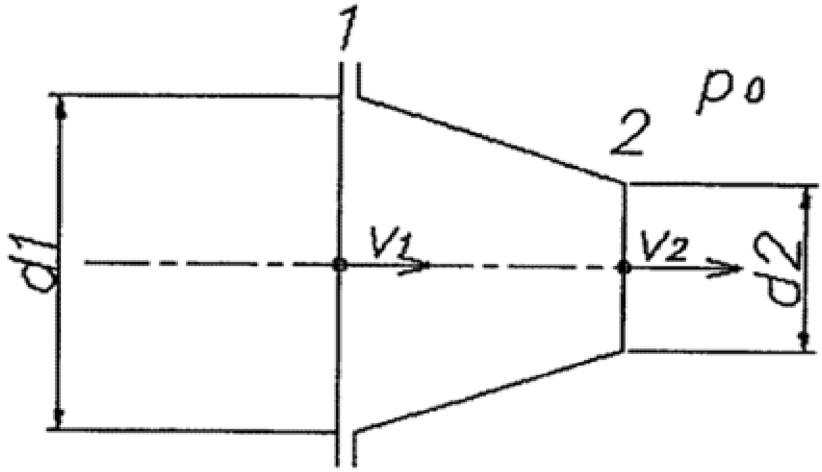
p_0 = 98 kPa

d_1 = 200 mm

d_2 = 100 mm

ρ = 1000 kg/m^3

3.5. megoldás



$$v_1 \cdot A_1 = v_2 \cdot A_2 \Rightarrow$$

a.) $\frac{\rho}{2} \cdot v_1^2 + p_1 + 0 = \frac{\rho}{2} \cdot v_2^2 + p_0 + 0$

$$v_1 = v_2 \cdot \frac{A_2}{A_1} = v_2 \cdot \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2$$

$$\frac{\rho}{2} \cdot v_2^2 \cdot \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4 + p_1 = \frac{\rho}{2} \cdot v_2^2 \cdot + p_0$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot (p_1 - p_2)}{\rho \cdot \left(1 - \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4\right)}} = \sqrt{\frac{2 \cdot (1{,}27 - 0{,}98) \cdot 10^5}{10^3 \cdot \left(1 - \left(\frac{0{,}1}{0{,}2}\right)^4\right)}} = 7{,}865 \frac{m}{s}$$

b.) $v_1 = v_2 \cdot \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 = 7{,}865 \cdot \left(\frac{0{,}1}{0{,}2}\right)^2 = 1{,}966 \frac{m}{s}$

c.) $\dot{m} = v_2 \cdot A_2 \cdot \rho = 7{,}865 \cdot \frac{0{,}1^2 \cdot \pi}{4} \cdot 10^3 = 61{,}772 \frac{kg}{s}$

$$F = \underbrace{\dot{m} \cdot (v_1 - v_2)}_{\text{foly.imp.}} + \underbrace{p_1 \cdot A_1 - p_2 \cdot A_2}_{\text{foly.nyomásból}} - \underbrace{p_2 \cdot (A_1 - A_2)}_{\text{levegő\_nyomásból}}$$

Megj: $p_2 = p_0$

$$F = \underbrace{\dot{m} \cdot (v_1 - v_2)}_{\text{foly.imp.}} + \underbrace{(p_1 - p_2) \cdot A_1}_{\text{nyomásból}}$$

$$F = 61{,}772 \cdot (1{,}966 - 7{,}865) + (1{,}27 - 0{,}98) \cdot 10^5 \cdot \frac{0{,}2^2 \cdot \pi}{4} = 546{,}6 N$$

3.6.

Egy tartályból az ábrán vázolt módon, kifolyócsövön át víz távozik. A kifolyócső végére erősített konfúzornak a kilépő keresztmetszetére vonatkoztatott veszteségi tényezője ζ_{k2}, a csőkönyök veszteségi tényezője ζ, a csősúrlódási tényező értéke λ, a víz sűrűsége ρ.

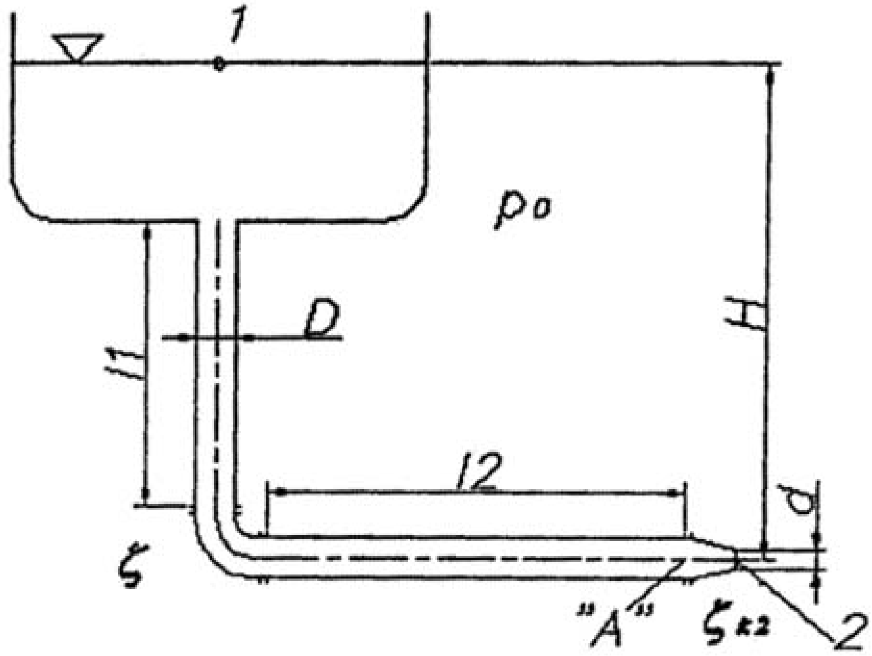
a.) Mekkora az időegység alatt kiömlő vízmennyiség ($\dot{Q}$)?

b.) Mekkora a víz v_A sebessége az "A" pontban?

Adatok:

H = 15m	$\lambda = 0{,}03$
l_1 = 10m	$\zeta = 0{,}1$
l_2 = 10 m	$\zeta_{k2} = 0{,}05$
D = 0,2 m	p_0 = 100 kPa
d = 0,12 m	

ρ = 1000 kg/m³



3.6. megoldás

a.) B.e. 1-2

$$\frac{\rho}{2}\cdot \underbrace{v_1^2}_{\approx 0}+p_0+\rho\cdot g\cdot H=\frac{\rho}{2}\cdot v_2^2+p_0+\rho\cdot g\cdot 0+\frac{\rho}{2}\cdot v_A^2\cdot\left(\frac{\lambda}{D}\cdot(l_1+l_2)\right)+\frac{\rho}{2}\cdot v_A^2\cdot\zeta+\frac{\rho}{2}\cdot v_2^2\cdot\zeta_{k2}$$

$$\textit{Kontinuitás tétele}: v_1\cdot A_1=v_A\cdot A_A\Rightarrow v_A=v_2\cdot\frac{A_2}{A_A}=v_2\cdot\left(\frac{d}{D}\right)^2$$

$$\rho\cdot g\cdot H=\frac{\rho}{2}\cdot v_2^2\cdot\left(1+\zeta_{k2}+\left(\frac{d}{D}\right)^4\cdot\left[\zeta+\frac{\lambda}{D}\cdot(l_1+l_2)\right]\right)$$

$$v_2=\sqrt{\frac{2\cdot g\cdot H}{1+\zeta_{k2}+\left(\frac{d}{D}\right)^4\cdot\left[\zeta+\frac{\lambda}{D}\cdot(l_1+l_2)\right]}}=\sqrt{\frac{2\cdot 9{,}81\cdot 15}{1+0{,}05+\left(\frac{0{,}12}{0{,}2}\right)^4\cdot\left[0{,}1+\frac{0{,}03}{0{,}2}\cdot(10+10)\right]}}=$$

$$v_2=14{,}238\frac{m}{s}$$

$$\dot{Q}=v_2\cdot A_2=v_2\cdot\frac{d^2\cdot\pi}{4}=14{,}238\cdot\frac{0{,}12\cdot\pi}{4}=0{,}161\frac{m^3}{s}=161\frac{l}{s}$$

b.) $v_A=v_2\cdot\left(\frac{d}{D}\right)^2=14{,}238\cdot\left(\frac{0{,}12}{0{,}2}\right)^2=5{,}126\frac{m}{s}$

4.1.

Egy egyszerű hőerőgép körfolyamata 3 szakaszból áll.
Az 1-2 szakasz *izotermikus* kompresszió, a 2-3 szakasz *izobár* hőközlés a 3-1 szakasz pedig *izochor* hőelvonás.

a.) Határozza meg a $p_2 = p_3$ nyomás számértékét!

b.) Határozza meg a T_1, T_2 és T_3 hőmérsékleteket a körfolyamat sarok-pontjaiban!

c.) Határozza meg a 2-3 izobár szakaszon közölt hőmennyiséget!

Adatok:

$V_1 = V_3 = 0,7$ dm^3

$V_2 = 0,06$ dm^3

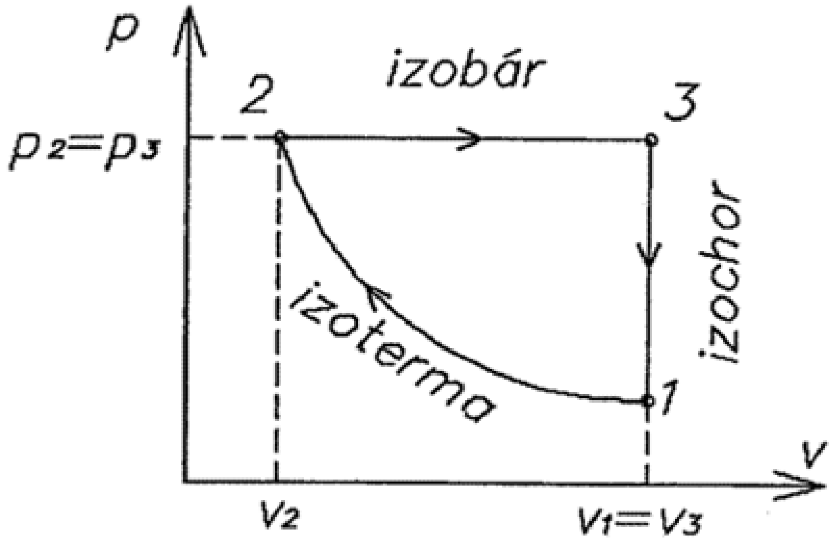
$p_1 = 100$ kPa

m = 0,85 kg

$R_s = 287$ J/(kg K)

$c_p = 1005$ J/(kg K)

4.1. megoldás



a.) 1-2 mentén p.v = áll.

$$p_2 = p_1 \cdot \frac{V_1}{V_2} = 100 \cdot \frac{0,7}{0,06} = 1166,67 kPa$$

b.) 1 pontban $p_1.V_1 = m.R_s\,T_1$

$$T_1 = \frac{p_1 \cdot V_1}{m \cdot R_s} = \frac{100 \cdot 0,7}{0,85 \cdot 10^{-3} \cdot 287} = 286,94 K$$

$$T_2 = T_2 = 286,94 K$$

3-1 mentén p/T = áll.

$$T_3 = T_1 \cdot \frac{p_3}{p_1} = 286{,}94 \cdot \frac{1166{,}67}{100} = 3347{,}68K$$

c.) $Q = c_p \cdot m \cdot (T_3 - T_2) = 1005 \cdot 0{,}85 \cdot 10^{-3} \cdot (3347{,}68 - 286{,}94)$

$Q = 2614{,}64J = 2{,}614kJ$

4.2.

Egy gázturbina körfolyamatának sarokpontjaiban ismerjük a hőmérsékletek értékét. Ezek az adiabatikus kompresszió kezdőpontjából indulva rendre a következők: T_1, T_2, T_3, T_4. Az egy körfolyamat alatt szolgáltatott munka W. Az adiabatikus kitevő κ, az izobár fajhő c_p.

a.) Rajzolja fel a körfolyamat p-v diagramját!
b.) Határozza meg a körfolyamat termikus hatásfokát (η_t)!
c.) Határozza meg az egy ciklus alatt bevezetendő hőmennyiséget (Q_1)!
d.) Határozza meg a körfolyamatban résztvevő gáz tömegét (m)!

Adatok:

$T_1 = 290$ K

$T_2 = 460$ K

$T_3 = 1410$ K

$T_4 = 710$ K

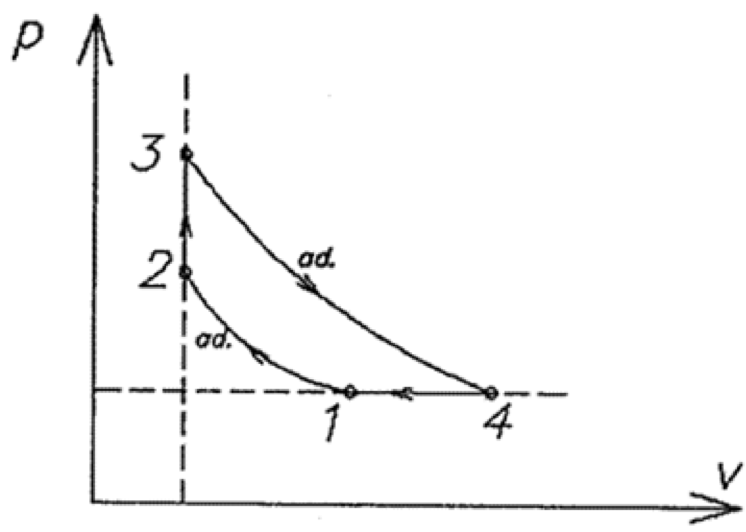
W = 22 kJ

$\kappa = 1{,}4$

$c_p = 1005$ J/(kg K)

4.2. megoldás

a.)



b.) $\eta_t = 1 - \frac{|Q_2|}{Q_1} = 1 - \frac{c_p \cdot (T_4 - T_1)}{c_v \cdot (T_3 - T_2)} = 1 - \kappa \cdot \left(\frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2} \right) =$

$$\eta_t = 1 - 1{,}4 \cdot \frac{710 - 290}{1410 - 460} = 0{,}381 = 38{,}1\%$$

c.) $Q_1 = \frac{W}{\eta_t} = \frac{22}{0{,}381} = 57{,}743 kJ$

d.) $\kappa = \frac{c_p}{c_v} \Rightarrow c_v = \frac{c_p}{\kappa} = \frac{1005}{1{,}4} = 718 \frac{J}{kg \cdot K}$

$$m = \frac{Q_1}{c_v \cdot (T_3 - T_2)} = \frac{57743}{718 \cdot (1410 - 460)} = 8{,}465 \cdot 10^{-2} kg = 84{,}65 g$$

4.3.

Egy folytonos működésű léggépben a vázolt diagram szerint megvalósuló 1-2 expanzió izotermikus. Az expanzióviszony $\varepsilon = \frac{V_2}{V_1}$, a gázállandó **R**, a kezdeti hőmérséklet **T_1**.

a.) Mennyi a **W_e** expanzió munka **m** tömegű gáz esetén?
b.) Mennyi **Q_b** hőt vesz fel az **m** tömegű gáz az expanzió során?

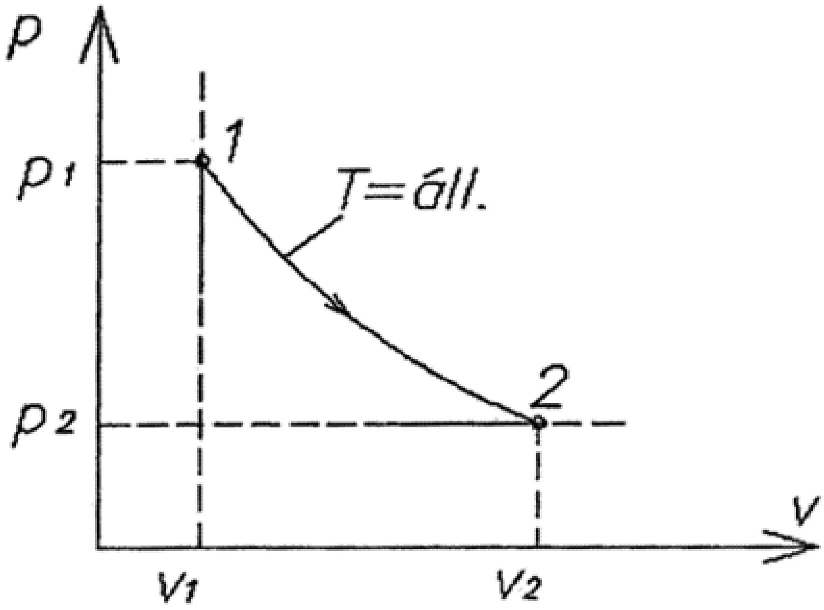
Adatok:

ε = 5,0

m = 1 kg

R = 287,05 J/(kg K)

T_1 = 300 K



4.3. megoldás

a.) I. főtétel, $\Delta U = 0$ $\Longrightarrow$ $Q_{12} = W_{12}$

$$W_{12} = m \cdot R_s \cdot T \cdot \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) = m \cdot R_s \cdot T \cdot \ln(\varepsilon)$$

$$W_e = 1 \cdot R_s \cdot T_1 \cdot \ln \varepsilon = 1 \cdot 287{,}05 \cdot 300 \cdot \ln 5$$

$$W_e = 138{,}6 kJ$$

b.) $Q_b = W_e = 138{,}6 kJ$

5.1.

Egy Diesel-motorvonat névleges vontatási teljesítménye $\mathbf{P_n}$. Tegyük fel, hogy a motorvonat vonóerő-sebesség karakterisztikájá (F-v) ideális, vagyis hiperbolikus. A motorvonat alapellenállását leíró $\mathbf{F_{ae} = a\, v^2 + b\, v + c}$ görbe a, b és c paramétereit méréssel meghatározták.

a.) Számítsa ki a motorvonat - elméleti - maximális sebességét ($\mathbf{v_{emax}}$)!

b.) Mekkora lehet a jármű $\mathbf{v_m}$ megengedett max. sebessége, ha ezen sebesség mellett még F_t vonóerő tartalékkal kell rendelkeznie?

Adatok:

$P_n = 700$ kW

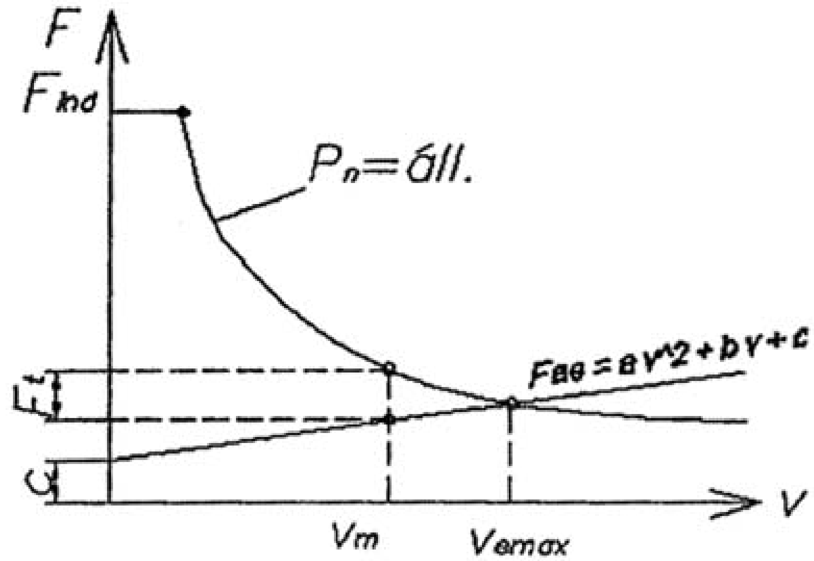
$a = 0$ kN/(m/s)^2

$b = 0{,}264$ kN/(m/s)

$c = 4$ kN

$F_t = 8$ kN

5.1. megoldás



a.) v_{emax}=áll.-nál a vonóerő egyenlő az ellenállással. **F = F$_{ae}$**

$$\frac{P}{v} = a \cdot v^2 + b \cdot v + c \quad \Leftarrow \quad a \equiv 0$$

$$b \cdot v + c \cdot v - P = 0$$

$$v_{12} = \frac{-c \pm \sqrt{c^2 + 4 \cdot b \cdot P}}{2 \cdot b} = \frac{-4 \pm 4^2 + 4 \cdot 0{,}264 \cdot 700}{2 \cdot 0{,}264} = \begin{matrix} \rightarrow v_1 = 44{,}47 \frac{m}{s} \\ \rightarrow \cancel{v_2 = -59{,}62 \frac{m}{s}} \end{matrix}$$

$$v_{emax} = 44{,}47 \frac{m}{s} \approx 160 \, {}^{km}/_{h}$$

b.) $$\frac{P}{v} = a \cdot v^2 + b \cdot v + c + F_t \quad \Leftarrow \quad a \equiv 0$$

$$b \cdot v + (c + F_t) \cdot v - P = 0$$

$$v_{12} = \frac{-(c + F_t) \pm \sqrt{(c + F_t)^2 + 4 \cdot b \cdot P}}{2 \cdot b} = \frac{-(4+8) \pm \sqrt{(4+8)^2 + 4 \cdot 0{,}264 \cdot 700}}{2 \cdot 0{,}264} =$$

$$= \begin{matrix} \rightarrow v_1 = 33{,}56 \frac{m}{s} \\ \rightarrow \cancel{v_2 = -79{,}01 \frac{m}{s}} \end{matrix}$$

$$v_m = 33{,}56 \frac{m}{s} = 120{,}8 \, {}^{km}/_{h}$$