7 Mechanika tekutín

Hydrostatika skúma podmienky a zákonitosti rovnováhy kvapalín a plynov, ktoré sa nachádzajú pod vplyvom vnútorných a vonkajších síl. Skúma tiež podmienky rovnováhy tuhých telies, ktoré sa nachádzajú v kvapalinách a plynoch.

1. Rozdelenie tlakových síl po povrchu dotýkajúceho sa s kvapalinou tuhého telesa je charakterizované silou F, ktorá pôsobí kolmo na jednotku plochy S. Tlak je stanovený vzorcom

$$p = \frac{F}{S} \,.$$

2. Tlak, ktorý spôsobuje tiažová sila a závisí od vzdialenosti od povrchu sa volá hydrostatický tlak. Pre ideálnu kvapalinu je hydrostatický tlak v hĺbke h pod povrchom daný vzťahom

$$p = \rho g h \,.$$

3. Rozdelenie tlaku vo vnútri tekutín pri prítomnosti vonkajších síl je dané Pascalovym zákonom. Z neho vyplýva, že celkový tlak v ľubovoľnom bode tekutín sa skladá z tlaku na povrchu tekutiny p_0 a hydrostatického tlaku stĺpca tekutiny nachádzajúceho sa nad týmto bodom

$$p = p_0 + \rho g h \,.$$

4. Na hmotné teleso, ponorené v tekutine pôsobí Archimedova sila, ktorá má smer zvisle nahor a jej veľkosť je rovná tiažovej sile vytlačenej tekutiny o objeme ponorenej časti hmotného telesa

$$F = \rho_t g V \,.$$

Hydroaeromechanika skúma pohyb tekutín a tiež vzájomné pôsobenie tekutín s tuhými telesami pri ich relatívnom pohybe.

5. Pri stacionárnom prúdení tekutín cez ľubovoľný prierez potrubia za rovnaký časový úsek prejde jeden a ten istý objem kvapaliny, t.j. platí rovnica kontinuity

$$v \cdot S = \text{konšt.}\,,$$

kde v je rýchlosť v priereze S.

6. Pre stacionárne prúdenie ideálnej tekutiny platí Bernoulliho rovnica (zákon zachovania energie)

$$p + \rho g h + \rho \frac{v^2}{2} = \text{konšt.}\,,$$

kde p je vonkajší tlak,
 ρ - hustota tekutiny,
 v – rýchlosť tekutiny.

Riešené príklady

7.1. Na lievik položíme sklenenú platňu hmotnosti 1,2 kg , prevrátime ho a ponoríme aj s platňou do vody, pozri obr.45. Najväčší polomer lievika je 6 cm. Do akej najmenšej hĺbky musíme lievik ponoriť bez toho, aby platňa odpadla?

Úvaha:

Zadané veličiny	Hľadané veličiny
$m = 1{,}2$ kg	$h = ?$
$r = 6$ cm	
$\rho = 1000$ kg.m^{-3}	

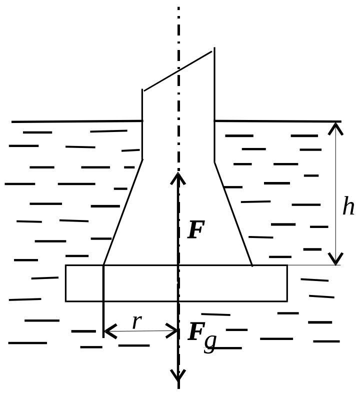
Ak ponoríme sklenenú platňu s lievikom do vody, na platňu budú pôsobiť dve sily. Tiažová sila mg v smere zvislom nadol a tlaková sila vody F, ktorá pritláča zo spodu platňu na lievik (pozri obr.45).

Aby platňa neodpadla, musí platiť

$$|\boldsymbol{F}| \geq |m\boldsymbol{g}| , \qquad (1)$$

t.j. tlaková sila musí byť väčšia alebo rovná tiažovej sile sklenenej platne. Hraničná podmienka bude splnená, ak budú tieto dve sily čo do veľkosti rovnaké. Tlaková sila bude rovná súčinu plochy lievika a hydrostatického tlaku. Tento závisí od hĺbky ponorenia podľa vzťahu

$$p = \rho g h , \qquad 2)$$



Obr.45

kde h je hĺbka ponorenia lievika v kvapaline, ρ je hustota kvapaliny a g je tiažové zrýchlenie.

Riešenie:

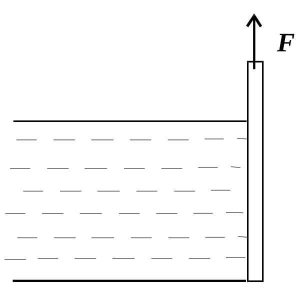
Keďže lievik má kruhový prierez, pre plochu S platí vzťah $S = \pi R^2$, a tlaková sila je

$$F = \pi r^2 \rho g h . \qquad (3)$$

Dosadením do (1) a úpravou dostaneme hľadanú hĺbku minimálneho ponorenia

$$h = \frac{m}{\pi r^2 \rho} = \frac{1{,}2 \text{ kg}}{3{,}14 (0{,}06)^2 \text{m}^2 1000 \text{ kg.m}^{-3}} = 0{,}106 \text{ m}$$

7.2. Rovinná hať uzatvárajúca výpust vodnej nádrže má hmotnosť 250 kg a šírku 3 m. Hĺbka vody je 1,5 m a koeficient trenia hate o opory je $\mu = 0{,}3$? (pozri obr.46).



Obr.46

a) Akú silu musí byť schopný zdvíhací mechanizmus vyvinúť, aby hať vyzdvihol?

b) Aká je minimálna práca, potrebná na vyzdvihnutie hate tesne nad hladinu vody?

Úvaha:

Zadané veličiny	Hľadané veličiny
$m = 250$ kg	$F_{min} = ?$
$b = 3$ m	$A_{min} = ?$
$h = 1{,}5$ m	
$\mu = 0{,}3$	
$\rho = 10^3$ kg.m^{-3}	

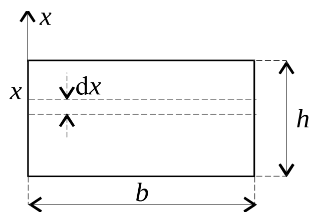
a) Najúspornejší spôsob dvíhania hate z hľadiska vynaloženej sily je dvíhania konštantnou rýchlosťou. Vtedy v každom okamžiku treba na hať pôsobiť silou, ktorá prekonáva jej tiaž a silu trenia hate o opory:

$$F = F_g + F_t = mg + \mu N , \qquad (1)$$

kde N je kolmá tlaková sila, ktorou voda pôsobí na hať a teda aj na opory. Sila N závisí od ponorenej plochy hate a najväčšia bude na začiatku dvíhania kedy je plocha ponorenej časti najväčšia. Potom je najväčšia aj sila trenia, ako aj celková sila potrebná na dvíhanie hate:

$$F_m = mg + \mu N_m \tag{2}$$

Vypočítame teraz silu N_m. V hĺbke x, pozri obr. 47, zvolíme si elementárnu plôšku hrúbky dx. Sila, ktorou voda pôsobí na túto plôšku je:



Obr.47

$$\mathrm{d}N_m = p\,\mathrm{d}S = \rho\, g\, x\, b\, \mathrm{d}x\ .$$

Sila na celú ponorenú časť hate je

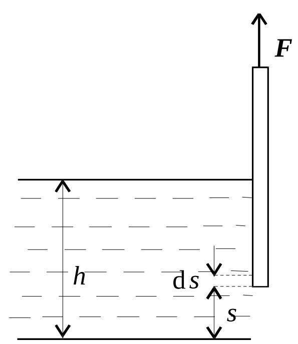
$$N_m = \rho g b \int_0^h x\ \mathrm{d}x \tag{3}$$

Dosadením (3) do (2) dostaneme:

$$F_m = mg + \mu\rho g b \int_0^h x\ \mathrm{d}x = mg + \frac{1}{2}\mu\rho g b h^2 \tag{4}$$

Takúto silu musí byť schopný zdvíhací mechanizmus vyvinúť na začiatku dvíhania. Potom už sila postupne klesá až na hodnotu mg.

b) Práca na vyzdvihnutie hate bude minimálna, ak pre zdvíhaciu silu opäť bude platiť rovnica (1). Jedná sa o prácu premennej sily, preto



Obr.48

$$A = \int_0^h F\ \mathrm{d}s\ .$$

$$A = \int_0^h (mg + \mu N)\mathrm{d}s\ . \tag{5}$$

N znamená tlakovú silu vody na ponorenú plochu hate (pozri obr.48), keď hať je vyzdvihnutá o vzdialenosť s od dna. N vypočítame podľa (3), avšak s inými hranicami integrálu:

$$N = \rho g b \int_0^{h-s} x\ \mathrm{d}x = \frac{1}{2}\rho g b (h-s)^2 \tag{6}$$

Dosadením rovnice (6) do výrazu (5) vypočítame minimálnu prácu potrebnú na vytiahnutie hate.

Riešenie

a) Dosadením daných veličín do vzťahu (4) dostaneme

$$F_m = mg + \frac{1}{2}\mu\rho g b h^2 = 250\ \mathrm{kg}\cdot 9{,}81\ \mathrm{m.s^{-2}} + \frac{0{,}3\cdot 10^3\ \mathrm{kg.m^{-3}}\cdot 9{,}81\ \mathrm{m.s^{-2}}\cdot 3\ \mathrm{m}\cdot (1{,}5\ \mathrm{m})^2}{2}$$

$$F_m = 12390\ \mathrm{N}\ .$$

b) Tlakovú silu N zo vzťahu (6) dosadíme do (5) a vypočítame hľadanú prácu

$$A = \int_0^h \left[mg + \frac{\mu\rho g b}{2}\left(h^2 - 2hs + s^2\right)\right] \mathrm{d}s = mgh + \frac{\mu\rho g b}{2} \cdot \frac{h^3}{3}$$

$$A = mgh + \frac{1}{6}\mu\rho g h^3$$

$$A = 250\ \mathrm{kg} \cdot 9{,}81\ \mathrm{m.s^{-2}} \cdot 1{,}5\ \mathrm{m} + \frac{0.3}{6} \cdot 10^3\,\mathrm{kg.m^{-3}} \cdot 9{,}81\ \mathrm{m.s^{-2}} \cdot \left(1{,}5\ \mathrm{m}^3\right) \cdot 3\ \mathrm{m}$$

$$A = 3678{,}75\ \mathrm{J} + 4966{,}3125\ \mathrm{J} = 8645\ \mathrm{J}\ .$$

7.3. Z vodovodného kohútika o priemere 1 cm vyteká voda v množstve 2,7 litra za 1/2 minúty. Výška vodovodného kohútika nad zemou je 1 m. Aký priemer musí mať základňa kužeľa, aby voda dopadla len naň. Ako bude závisieť sila, ktorou je kužeľ pritláčaný k zemi, od vrcholového uhlu kužeľa? Vypočítajte túto silu pre vrcholové uhly kužeľa 60°, 90° a 120°. Vodu uvažujte ako ideálnu kvapalinu.

Úvaha:

Zadané veličiny	Hľadané veličiny
$Q_v = 9 \cdot 10^{-5}\ \mathrm{m^3 s^{-1}}$	$r_2 = ?$
$h = 1\ \mathrm{m}$	$F(\alpha) = ?$
$r_1 = 0{,}5\ \mathrm{cm}$	
$\rho = 1 \cdot 10^3\ \mathrm{kg\ m^3}$	

Pretože vodu považujeme za ideálnu kvapalinu, musí byť jej prúd v priestore spojitý. Znamená to, že platí rovnica kontinuity prúdenia pre ideálnu kvapalinu

$$S_1 v_1 = S_2 v_2 \qquad (1)$$

kde S_1 je prierez otvoru kohútika, S_2 – prierez dopadajúcej vody v hĺbke h pod kohútikom, v_1 – rýchlosť výtoku a v_2 – rýchlosť v priereze S_2.

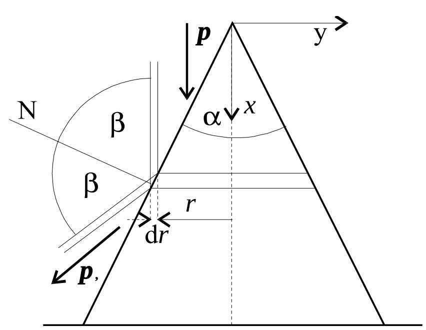
Ak budeme poznať rýchlosť dopadajúcej vody v_2, budeme môcť vypočítať prierez S_2, ktorý sa bude rovnať hľadanému obsahu základne kužeľa. Z neho môžeme zistiť polomer základne kužeľa. Rýchlosť v_2 môžeme vyjadriť pomocou Bernoulliho rovnice, ktorá pre tento prípad bude mať tvar

$$\frac{\rho v_1^2}{2} + \rho g h = \frac{\rho v_2^2}{2}, \qquad (2)$$

kde ρ je hustota vody.

Silu, ktorou je pritláčaný kužeľ k zemi, môžeme odhadnúť pomocou impulzu sily. Vezmeme veľmi zjednodušený model, ktorý nám umožní približný výpočet sily, ktorou pôsobí voda na kužeľ. Budeme predpokladať, že voda dopadajúca na kužeľ a voda odrazená od kužeľa prechádzajú cez seba bez toho, aby na seba vzájomne pôsobili. Voda pri dopade na kužeľ mení smer svojho pohybu a mení svoju hybnosť, a preto bude platiť

$$\Delta \boldsymbol{p} = \boldsymbol{F}\Delta t\ . \qquad (3)$$



Obr.49

Budeme predpokladať, že rozmery kužeľa sú v porovnaním so vzdialenosťou medzi vodovodným kohútikom a kužeľom veľmi malé, t.j., môžeme predpokladať, že rýchlosť dopadajúcej vody je na celom plášti kužeľa rovnaká, rovná v_2. Za dobu Δt dopadne na plášť kužeľa množstvo vody hmotnosti

$$m = \rho \pi r_2^2 v_2 \Delta t \ ,$$

ktorej hybnosť je

$$p = \rho \pi r_2^2 v_2^2 \Delta t \ . \tag{4}$$

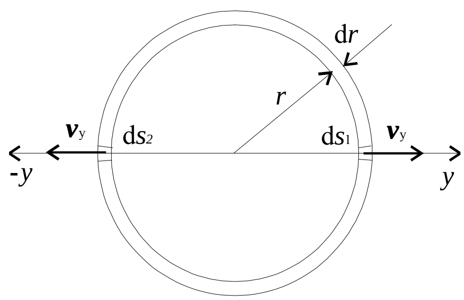
Voda dopadá na kužeľ pod uhlom β=90-α/2 a odráža sa pod tým istým uhlom vzhľadom k normále k povrchu kužeľa. Zavedieme si súradnice, ako je to znázornené na obr. 49. Potom zmena hybnosti vody v zvislom smere bude

$$\Delta p_x = p(1-\cos\alpha),$$

$$\Delta p_x = \rho \pi r_2^2 v_2^2 \Delta t \, (1-\cos(\alpha/2)) \, . \tag{5}$$

Dosadením do rovnice (3) dostaneme pre silu, ktorou je pritláčaný kužeľ výraz

$$F = \rho \pi r_2^2 v_2^2 \, (1-\cos(\alpha/2)) \, . \tag{6}$$



Obr.50

Aby sme mohli vypočítať zmenu hybnosti vo vodorovnom smere, nakreslíme si pohľad na medzikružie v smere osi x, pozri obr.50. Vezmeme plôšku dlhú ds_1. Pred dopadom bola hybnosť vody dopadajúca na túto plôšku v smere osi y rovná nule. Po odraze bude hybnosť odrazenej vody od tejto plôšky rovná

$$\mathrm{d}p_{ys_1} = \rho 2\pi r \mathrm{d}r \mathrm{d}s_1 v_2 v_y \Delta t \ .$$

Ale na druhej strane medzikružia môžeme vziať rovnako dlhú plôšku ds_2. Po odraze od tejto plôšky bude hybnosť odrazenej vody rovnako veľká, ako od plôšky ds_1, len bude mať opačný smer.

Znamená to, že celková zmena hybnosti vody dopadajúcej na medzikružie v smere osi y je rovná nule a tak isto vzhľadom na rovnicu (3), aj celková sila pôsobiaca na kužeľ v smere osi y bude rovná nule. To isté platí aj pre zmenu hybnosti vody dopadajúcej na kužeľ v smere osi y.

Riešenie:

Dosadením v_2 z rovnice (1) do rovnice (2) a úpravou dostaneme

$$v_1^2 + 2gh = \left(\frac{S_1}{S_2}\right)^2 v_1^2$$

a nasledovnou úpravou dostaneme

$$r_2^2 = r_1^2 \frac{v_1}{\sqrt{v_1^2 + 2gh}} \, . \tag{7}$$

Ale $v_1 = Q_v / S_1$ a dosadením do (7) a úpravou dostaneme

$$r_2 = r_1 \sqrt{\frac{Q_v / S_1}{\sqrt{(Q_v / S_1)^2 + 2gh}}} \, . \tag{8}$$

Zo vzorca (8) je zrejmé, že vhodnejšie bude vypočítať rýchlosť v_1 číselne a túto dosadzovať do vzorca

$$v_1 = \frac{Q_v}{S_1} = \frac{9\cdot 10^{-5}\,\mathrm{m}^3.\mathrm{s}^{-1}}{3{,}14\cdot\left(5.10^{-3}\,\mathrm{m}\right)^2} = 1{,}146\ \mathrm{m.s}^{-1}$$

Potom

$$r_2 = 0{,}005\,\mathrm{m}\sqrt{\frac{1{,}146\ \mathrm{m.s}^{-1}}{\sqrt{1{,}146\,\mathrm{m}^2.\mathrm{s}^{-2} + 2\cdot 9{,}81\cdot 1\ \mathrm{m}^2.\mathrm{s}^{-2}}}} = 0{,}0025\ \mathrm{m}\ .$$

Prítlačnú silu vypočítame ak do vzorca (6), ktorý upravíme pomocou rovnice (1) dosadíme príslušný uhol a hodnoty zo zadania. Dostaneme

$$F = \rho\frac{S_1^2}{S_2}v_1^2\left(1-\cos\alpha\right) = 2\rho\frac{Q_v^2}{S_2}\left(1-\cos\alpha\right).$$

Pre uhol α = 60° bude prítlačná sila rovná

$$F\left(60^\circ\right) = \rho\frac{Q_v^2}{S_2}\left(1-\cos\alpha\right) = \frac{1\cdot 10^3\,\mathrm{kg.m}^{-3}\left(9\cdot 10^{-5}\,\mathrm{m}^3.\mathrm{s}^{-1}\right)^2}{3{,}14\cdot\left(0{,}0025\,\mathrm{m}\right)^2}\left(1-0{,}5\right) = 0{,}21\ \mathrm{N}\ .$$

Pre uhol α = 90° bude prítlačná sila rovná

$$F\left(90^\circ\right) = \frac{1\cdot 10^3\,\mathrm{kg.m}^{-3}\left(9\cdot 10^{-5}\,\mathrm{m}^3.\mathrm{s}^{-1}\right)^2}{\pi\left(0{,}0025\ \mathrm{m}\right)^2}\left(1-0\right) = 0{,}41\ \ \mathrm{N}\ .$$

Pre uhol α = 120° bude prítlačná sila rovná

$$F\left(120^\circ\right) = \frac{1\cdot 10^3\mathrm{kg.m}^{-3}\left(9\cdot 10^{-5}\mathrm{m}^3.\mathrm{s}^{-1}\right)^2}{3{,}14\left(0{,}0025\,\mathrm{m}\right)^2}\left(1-\left(-0{,}5\right)\right) = 0{,}62\ \ \mathrm{N}\ .$$

Neriešené príklady.

7.4. Z ľadovca plávajúceho vo vode vyčnieva hranolovitý kus o rozmeroch 500x50x50 m^3. Aký je ponorený objem ľadovca, keď pomer hustoty ľadu a vody je 9:10? [$1{,}1\cdot 10^7$ m^3]

7.5. Plošný obsah priečneho prierezu lode vo výške vodnej hladiny je 3800 m^2. Po naložení nákladu sa ponor lode zväčší o 2 m. Aký veľký je náklad lode? [7600 t]

7.6. Hliníková guľa má tiaž vo vzduchu 5,4 N a vo vode 2,4 N. Je guľa homogénna alebo má dutinu ? [Má dutinu.]

7.7. Zdanlivá tiaž v benzíne ponorenej hliníkovej gule je F_g= 0,2 N. Aký priemer má guľa? Hustotu benzínu uvažujte 700 kgm^{-3}. [2,68 cm]

7.8. Nákladný čln s hmotnosťou 6,5 t vyplával z rieky na more (ρ = 1,03 g/cm^3). Ako treba upraviť náklad člna, aby ponor zostal rovnaký?
[pridáme náklad o hmotnosti 195 kg]

7.9. Rovnorodá guľa pláva na rozhraní dvoch nemiešajúcich sa kvapalín. Hustota hornej kvapaliny je 880 kgm^{-3}, hustota dolnej kvapaliny je $1\cdot 10^3$ kgm^{-3} a hustota gule je 980 kgm^3. Vypočítajte, aká časť objemu sa nachádza v hornej kvapaline. [1/6]

7.10. Piest hmotnosti 3 kg je tvorený okrúhlym diskom o polomere 4 cm s otvorom v strede, do ktorého je vstavaná tenkostenná trubica o polomere 1 cm. Piest sa môže bez trenia, ale bez prepúšťania kvapaliny popri stene, pohybovať v pohári. Na počiatku leží piest na dne. Do akej výšky sa zdvihne piest, ak do trubice nalejeme 700 g vody? [0,1 m]

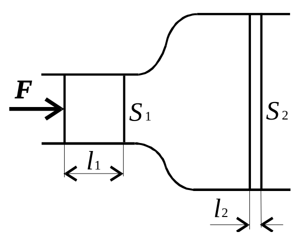
7.11. Nádoba tvaru valca výšky 0,13 m s plošným otvorom o priemere 35 cm a bola naplnená vodou, prikrytá listom papiera a obrátená dnom nahor do zvislej polohy. Akou veľkou silou je papier pritlačený k nádobe pri atmosferickom tlaku $1{,}013 \cdot 10^5$ Pa? [349,4 N]

7.12. Balón hmotnosti 600 kg a objemu 800 m^3 sa dvíha zvislo nahor. Do akej výšky vystúpi balón za prvých 10 sekúnd, keď jeho pohyb za tento čas pokladáme rovnomerne zrýchlený. Hustota vzduchu je 1,29 kg.m^{-3} [353 m]

7.13. Aký elektrický výkon by bolo možné získať z malej vodnej elektrárne na potoku s objemovým prietokom 0,5 m^{3}s^{-1}, ak hladina v nádrži je vo výške 5m nad vyústením vodnej turbíny, ktorej účinnosť je 90% a ak neuvažujeme straty energie v potrubí? [22 kW]

7.14. Vráta plavebnej komory majú dve krídla široké 5m a vysoké 10 m, ktoré sú otočné okolo zvislej osi. Akým silovým momentom vzhľadom na os otáčania pôsobí voda na každé z krídiel vrát, keď sa komora zaplní vodou tak, že spodná hladina je 4 m a horná 8 m? [$0{,}98 \cdot 10^6$ Nm]

7.15.* Určitá planéta je celá v kvapalnom stave. Jej polomer je rovný R a jej hustota ρ je konštantná. Predpokladá sa, že planéta sa neotáča okolo svojej osi. Dokážte, že vo vzdialenosti r od stredu planéty bude tlak rovný $G\dfrac{2\pi\rho^2}{3}\left(R^2 - r^2\right)$! Odhadnite tlak v strede Zeme, za predpokladu , že jej hustota je konštantná a rovná $5 \cdot 10^3$ kgm^{-3}! [$1{,}4 \cdot 10^{11}$ Pa]



Obr.51

7.16. Menší piest hydraulického lisu, pozri obr.51, sa pri jednom zdvihu posunie o l_1 = 20 cm, väčší o l_2 = 4 mm. Akou veľkou silou tlačí väčší piest na lisovaný predmet, keď na menší piest pôsobí sila 25 N? [1250 N]

7.17. V troch rovnakých spojených nádobách sa nachádza ortuť. O koľko sa zvýši hladina ortuti v strednej nádobe, ak do ľavej nádoby naliali vrstvu vody vysokú 102 mm a do pravej 153 mm? [6,25 mm]

7.18.* Pomocou hydraulického lisu s pomerom plôch 1:100 je treba zdvihnúť náklad hmotnosti 10 t. Vypočítajte počet pracovných chodov malého piesta za 1 minútu, ak za jeden pracovný chod má zdvih 20 cm. Výkon motora lisu je 5 kW a jeho účinnosť 80%. [120]

7.19. Voda priteká potrubím s priemerom 0,04 m rýchlosťou 1,25 m.s^{-1} do dýzy, z ktorej vyteká rýchlosťou 20 m.s^{-1}. Aký je priemer dýzy? [0,01 m]

7.20. Čerpadlo načerpá 300 litrov vody za 1 minútu. Prívodné potrubie má priemer 80 mm. Výtokovým potrubím prúdi voda rýchlosťou 8 m.s^{-1}. Vypočítajte rýchlosť vody v prívodovom potrubí a priemer výtokového potrubia. [1,0 m.s^{-1}, 28 mm]

7.21. Akou rýchlosťou vyteká voda z výstupného otvoru údolnej priehrady, ak je otvor 20 m pod voľnou hladinou? [20 m.s^{-1}]

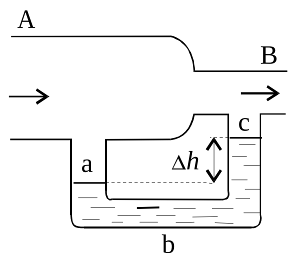
7.22. Akou rýchlosťou prúdi voda cez vodorovnú trubicu s prierezom 15 cm^2, keď v zúženom mieste s prierezom 5 cm^2 sa zníži tlak o hodnotu 5000 Pa? [1,1 m.s^{-1}]

7.23. Injekčná striekačka má plošný obsah piesta 1,2 cm^2 a jej otvor má prierez 1 mm^2. Ako dlho bude vytekať voda zo striekačky uloženej vo vodorovnej rovine, ak na piest bude pôsobiť sila 4,9 N a ak sa piest posunie o dĺžku 4 cm? Vnútorné trenie zanedbajte![0,53 s].

7.24. Z vodného dela strieka voda otvorom o priemere 4 cm pri pretlaku v prívodnej hadici (s veľkým priemerom) 500 kPa. Akou silou pôsobí prúd vody na stojacu prekážku s rovinným povrchom, ak na ňu dopadá kolmo? Môže takýto prúd povaliť človeka? [1,25 kN, áno]

7.25. Venturiho manometer určený na meranie spotreby kvapaliny pozostáva zo zužujúcej sa trubice s priemermi 10cm a 8 cm na koncoch. Bolo zistené, že rozdiel tlakov v týchto prierezoch je rovný 15 cm vodného stĺpca. Vypočítajte prietok vody v litroch za sekundu vo Venturiho trubici!   [11,2 l/s]

7.26. Vzduch prúdi cez trubicu AB (pozri obr.52) tak, že za 1 minútu prejde 15 litrov vzduchu. Plošný obsah širšej časti trubice AB je rovný 2 cm^2. Plošný obsah tenšej časti trubice ako aj trubice abc je 0,5 cm^2. Vypočítajte rozdiel hladín vody naliatej do trubice abc! Hustotu vzduchu uvažujte 1,32 kgm^{-3}. [1,6 mm]



Obr.52

7.27. Vo valcovej nádobe je voda siahajúca do výšky 100 cm. V akej hĺbke pod voľnou hladinou vody treba urobiť otvor, aby na vodorovnú podložku voda striekala do vzdialenosti 60 cm. [90 cm, 10 cm]

7.28. Z vodnej nádrže vyteká otvorom s priemerom 3 cm 30 l vody za 15 s. Voľná hladina vody ostáva konštantná. Ako vysoko je hladina vody nad stredom otvoru? [0,41 m].

7.29. Nádoba valcového tvaru má v bočnej stene dva otvory vo výškach h_1 a h_2 nad dnom. V akej výške má byť hladina kvapaliny nad dnom nádoby, aby kvapalina striekala z obidvoch otvorov do rovnakej vzdialenosti na vodorovnú rovinu, na ktorej je nádoba položená?   [$h = h_1 + h_2$].

7.30.* Na vozíku stojí valcová nádoba naplnená vodou do výšky 1 m. V nádobe sú na protiľahlých stranách dva rovnaké ventily s otvormi s plošnými obsahmi S = 10 cm^2. Jeden ventil je vo výške h_1 = 25 cm nad dnom nádoby, druhý ventil vo výške h_2 = 50 cm. Aká veľká sila F a v ktorom smere musí pôsobiť na vozík, aby sa nepohyboval, keď sú obidva ventily otvorené? [4,9 N]

7.31. V nádobe tvaru hranola je v bočnej stene kruhový otvor polomeru r = 20 cm uzavretý zátkou. Aká je celková sila, ktorá pôsobí na zátku, keď stred kruhového otvoru je vo výške h_1 = 50 cm nad dnom a keď je nádoba naplnená vodou do výšky h = 1 m ? [616 N]

7.32.* V bočnej stene nádoby sú vyvŕtané dva otvory vo vzdialenosti 0,2 m jeden nad druhým. Prierez otvorov je rovnaký a rovný 2 cm^2. Vypočítajte vzdialenosti bodu, v ktorom sa pretínajú prúdy vody, od steny nádoby a od hladiny kvapaliny v nádobe, ak do nádoby priteká 1,4 l vody za sekundu a výška hladiny v nádobe sa nemení.
[s=1,2 m; h=1,3m]

7.33. Vo valcovej nádobe je voda o objeme 2 l, pričom hladina je vo výške 15 cm nad dnom. Vodu chceme vypustiť hadičkou s vnútorným priemerom 5 mm, vedenou cez horný okraj nádoby s jedným koncom v nádobe pri dne a druhým v hĺbke 10 cm pod úrovňou dna. Vodu nasajeme do hadičky a necháme vytekať. Za aký čas sa vyprázdni? (Vodu považujte za ideálnu kvapalinu). [56 s]

7.34.* Voda sa nachádza vo valcovej nádobe o priemere 0,5 m. V dne nádoby je otvor o priemere 1 cm. Vypočítajte rýchlosť klesania hladiny vody v nádobe ako funkciu výšky hladiny nad dnom. Nájdite číselnú hodnotu tejto rýchlosti pre výšku hladiny 0,2 m. [$v = \sqrt{\dfrac{2g\,h}{\left(\dfrac{d_1}{d_2}\right)^4 - 1}}$; $8\cdot 10^{-4}$ m.s^{-1}]

7.35. Automobil s cisternou sa začal pohybovať po vodorovnej ceste so zrýchlením 2,44 m.s^{-2}. Vypočítajte aký uhol bude zvierať hladina benzínu v cisterne s vodorovnou hladinou. [14°]

7.34. Vo valcovej nádobe s polomerom 5 cm je voda, pričom hladina je 4cm pod horným okrajom nádoby. Pri akej frekvencii otáčok otáčania nádoby okolo zvislej osi sa začne voda vylievať cez okraj nádoby? [4 Hz]

7.35.* Rovnomerne rotujúca nádoba s ortuťou sa používa ako parabolický reflektor. Vypočítajte, aká má byť frekvencia otáčania nádoby, aby ohnisková vzdialenosť paraboloidu bola rovná 1 m. [21 min^{-1}]