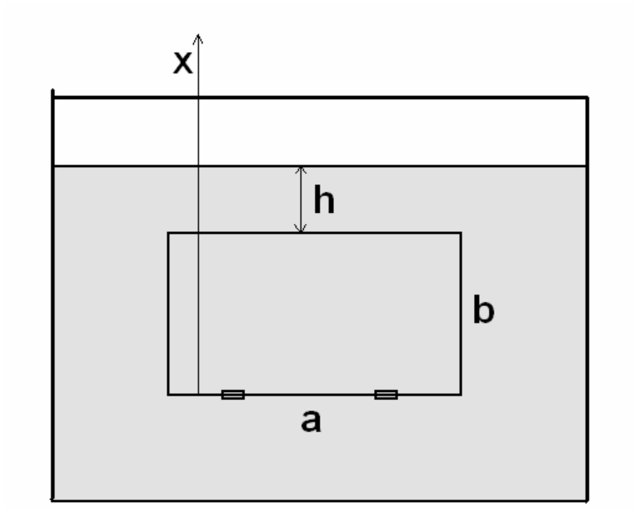
1. Kolikšen sme biti največji nadtlak v aluminijasti cevi s premerom 2r = 2cm in debelino d = 1 mm? Meja natezne trdnosti za aluminij je $\sigma_t = 4\ 10^7$ N/m^2.

Oglejmo si polovico cevi dolžine l. Sila zaradi nadtlaka Δp je enaka $F = 2rl\Delta p$. Mejni nadtlak dobimo iz pogoja $F = \sigma_t S = \sigma_t 2ld$. Enak je $\Delta p = \sigma_t d/r = 40$ bar. Izračunali smo mejni nadtlak v idealnem primeru, brez upoštevanja napak v materialu. V resnici bi v taki cevi smeli uporabiti bistveno nižje nadtlake, recimo do 10 bar.

2. Jez zapira zapornica širine a = 0,5 m in višine b = 0,4 m. Zgornji rob zapornice je h = 2 m pod vodno gladino. Zapornica je vrtljiva okrog osi na spodnji strani. S kolikšno silo moramo potegniti zapornico na zgornji strani, da jo odpremo?



Na eni strani zapornice je zrak s tlakom p_0, na drugi strani pa je tlak enak vsoti zračnega tlaka p_0 in hidrostatičnega tlaka vode, ki je pri koordinati x enak $\Delta p = \rho g(h+b-x)$. Navor sile F, M = Fb, s katero potegnemo zapornico, mora biti po velikosti najmanj enak navoru M', s katerim voda deluje na zapornico.

Izračunajmo navor M': $M' = \int_0^b \rho g(h+b-x)axdx = \frac{1}{6}\rho gab^2(3h+b)$. Sila F je torej

enaka $F = M'/b = \frac{1}{6}\rho gab(3h+b) = 2130N$.

*Ker je sila F velika, bi bilo za odpiranje zapornice samiselno uporabiti vijak.

3. Na tehtnici je posoda z vodo. Tehtnica kaže maso 0,8 kg. V vodo potopimo na vrvici obešeno železno utež s prostotnino 100 cm^3. Utež miruje in se ne dotika posode. Kolikšno maso kaže tehtnica?

Voda deluje na utež s silo vzgona $F_v = \Delta mg$, kjer je Δm = 100 g. Po tretjem Newtonovem zakonu deluje utež na vodo z enako silo v smeri navpično navzdol. Za toliko se poveča tudi sila na tehtnico, ki kaže maso 900 g.

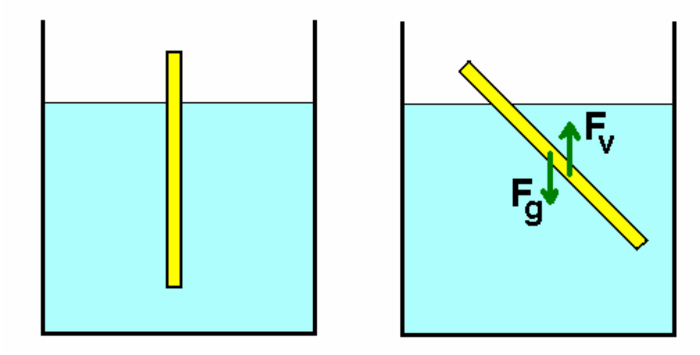
4. Na občutljivo tehtnico postavimo posodo z vodo. V posodo spustimo kroglico s premerom d = 1 cm, narejeno iz snovi z gostoto ρ_0 = 1,5 kg/dm^3. Kolikšno spremembo mase kaže tehtnica med padanjem kroglice, kolikšno pa, ko pristane na dnu?

Odgovor na drugo vprašanje je enostaven. Povečanje mase je enako masi kroglice $m = \rho_0\pi d^3/6$ = 0,79 g. Med padanjem deluje na kroglico tekočina s silo vzgona in uporom. Obe sta usmerjeni navzgor. Kroglica deluje na tekočino z enako velikima silama v nasprotni smeri (navzdol). Povečanje mase, ki ga kaže tehtnica, je enako $\Delta m = (F_u + F_v)/g = c_u\rho v^2\pi d^2/8 + \rho\pi d^3/6$. Z ρ smo označili gostoto vode. Ko je gibanje kroglice enakomerno, je upor F_u enak razliki med težo in vzgonom, $F_u = mg - F_v$, kar pomeni, da je tudi tedaj $\Delta m = m$ = 0,79g.

*Do enakega rezultata bi lahko prišli tudi z drugačnim razmislekom. Ko je gibanje kroglice enakomerno, v sistemu, ki ga sestavljata posoda z vodo in kroglica, ni pospeševanja, zato mora biti vsota sil, ki delujejo na sistem,nič. Na sistem delujeta navzdol teža posode z vodo in teža kroglice, navzgor pa sila podlage, ki je v našem primeru tehtnica. Tehtnica torej tudi med padanjem kroglice kaže težo posode z vodo in težo kroglice.

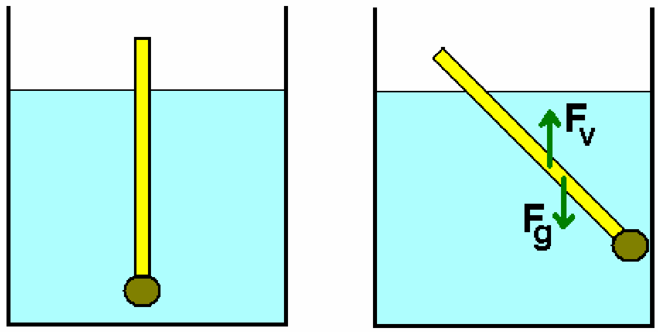
5. Lesena palica s presekom S = 1cm^2, dolžino l = 1m in gostoto ρ = 0,6 kg/dm^3 v vodi noče plavati navpično. Kolikšna mora biti dolžina s železne uteži (ρ^* = 7,6 kg/dm^3) z enakim presekom, ki jo pritrdimo na spodnji konec palice, da bo palica plavala navpično, pri čemer bo vrh palice gledal iz vode?

Zakaj lesena palica noče plavati navpično, kaže naslednja slika.



Ko se palica zasuka iz navpične lege, teža in vzgon nista več na isti premici. Njun navor suka palico proti vodoravni legi.

Če pritrdimo utež na spodnji konec palice, se težišče premakne proti spodnjemu koncu palice. Palica se bolj potopi, zato se prijemališče vzgona premakne proti zgornjemu koncu palice. Prijemališče vzgona je težišče homogenega telesa, ki ima obliko potopljenega dela palice. Ko je utež dovolj velika, je težišče bliže spodnjemu koncu palice kot prijemališče vzgona in, ko se palica zasuka iz navpične lega, jo navor dvojice sil suka nazaj proti navpični legi.



Oddaljenost težišča palice z utežjo od zgornjega konca poiščemo po enačbi: $\rho S l \frac{l}{2} + \rho^* S s(l + \frac{s}{2}) = [\rho S l + \rho^* S s] x_T$. Enaka je $x_T = \frac{\rho l^2 + \rho^* s(2l + s)}{2(\rho l + \rho^* s)}$.

Označimo dolžino palice, ki v ravnovesju gleda iz vode , z x. Enaka je $x = \frac{l(\rho_0 - \rho) - s(\rho^* - \rho_0)}{\rho_0}$. Tu je ρ_0 gostota vode. Oddaljenost prijemališča vzgona od zgornjega konca palice x_V je enaka $x_V = x + \frac{l + s - x}{2} = \frac{l(2\rho_0 - \rho) - s(\rho^* - 2\rho_0)}{2\rho_0}$. Palica bo plavala navpično, ko bo $x_T > x_V$. Najprej poglejmo, pri katerem s sta razdalji x_V in x_T enaki. Dobimo enačbo $\rho^*(\rho^* - \rho_0)s^2 + 2l\rho(\rho^* - \rho_0)s - l^2\rho(\rho_0 - \rho) = 0$. Pozitivna rešitev enačbe je $s = l\frac{\sqrt{\rho\rho_0(\rho^* - \rho_0)(\rho^* - \rho)} - \rho(\rho^* - \rho_0)}{\rho^*(\rho^* - \rho_0)} = 2{,}6 cm$. Poglejmo še, kdaj cela palica potone. Tedaj je x = 0, iz česar sledi $s = l(\rho_0 - \rho)/(\rho^* - \rho_0) = 6{,}1$ cm. Palica torej plava navpično, ko je 2,6 cm < s < 6,1 cm.

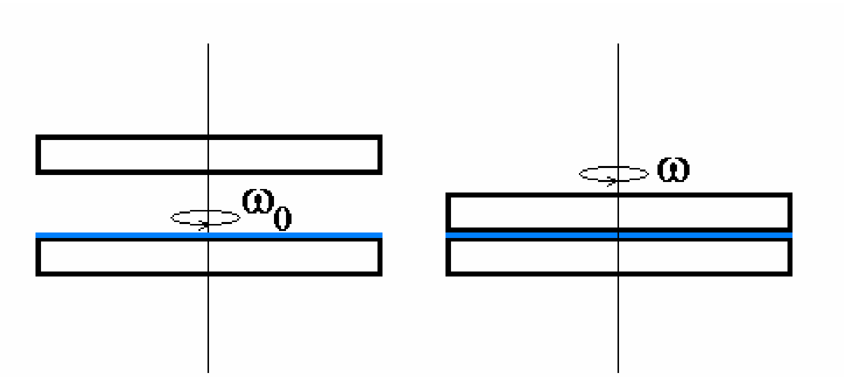
6. Na konec lesene palice s presekom $S = 1\ cm^2$, dolžino l = 1 m in gostoto $\rho_0 = 600\ kg/m^3$ pritrdimo železno utež z maso m' = 30 g in jo potopimo v vodo. Palica plava navpično z utežjo na spodnji strani. S kolikšno frekvenco zaniha palica, ko jo malo bolj potopimo v vodo in spustimo?

Ko izmaknemo palico iz mirovne lege za razdaljo x, se vzgon spremeni za $-\rho gSx$. To je tudi sila, ki potiska palico proti mirovni legi in je enaka (m+m')a. Z ρ smo označili gostoto vode, z m pa maso palice. Krožna frekvenca je enaka $\omega = \sqrt{\frac{\rho g S}{m + m'}}$, frekvenca nihanja pa $\nu = \omega/2\pi = 0{,}53$ Hz.

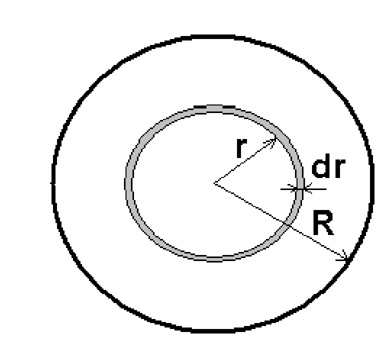
7. Balon na segret zrak s polmerom r = 10 m lebdi v zraku, ko je gostota zraka v balonu $\rho = 1{,}1\ kg/m^3$. Zrak v balonu se ohladi za toliko, da naraste gostota zraka v balonu za 1%. S kolikšno hitrostjo pada balon? Gostota zraka v okolici je $\rho_0 = 1{,}2\ kg/m^3$.

Sila, ki zaradi povečanja gostote zraka deluje na balon navpično navzdol, je enaka $\Delta\rho Vg$. Po velikosti je enaka uporu $c_u(\rho_0 v^2/2)\pi r^2$, ki deluje navpično navzgor. Iz tega sledi $v = \sqrt{\frac{8\Delta\rho rg}{3c_u\rho_0}} = 2{,}2 m/s$.

8. Okrogla plošča z maso m = 1 kg in polmerom R = 1 dm se enakomerno vrti okrog navpične osi s kotno hitrostjo ω_0 = 20 s^{-1}. Na gornji strani je plošča namazana z d = 0,2 mm debelo plastjo olja z viskoznostjo η = 0,4 Ns/m^2. Na ploščo pade plošča z enako maso, ki se ne vrti. Osi plošč se ujemata. Čez nekaj časa se plošči vrtita z enako frekvenco ω. Izračunajmo časovni potek kotnih hitrosti obeh plošč od trenutka, ko sta se staknili dalje in končno kotno hitrost.



Končno kotno hitrost brez težav izračunamo. Ker se ohranja vrtilna količina, je $\omega = \omega_0/2 = 10$ s^{-1}. Pri računanju časovnega poteka kotnih hitrosti pa moramo najprej izračunati navor viskozne sile upora, ki nastopa pri različnih kotnih hitrostih plošč ω_1 in ω_2 ($\omega_1>\omega_2$). Za majhen element stične ploskve velikosti dS v razdalji r od osi, je razlika hitrosti $\Delta v = (\omega_1 - \omega_2)r$, sila ene ploskve na drugo $dF = (\eta\Delta v/d)dS$, navor pa $dM = r dF$. Stično ploskev razdelimo na tanke kolobarje.



Kolobar z notranjim polmerom r in debelino dr ima ploščino $2\pi r dr$, navor viskozne sile, ki ustreza temu kolobarju pa je enak $dM = [2\pi(\omega_1 - \omega_2)\eta/d]r^3 dr$. Z integracijo po r od 0 do R dobimo celoten navor $M = \pi(\omega_1 - \omega_2)\eta R^4/2d = A(\omega_1 - \omega_2)$. Enačbi za vrtenje plošč sta $Jd\omega_1/dt = -M$ in $Jd\omega_2/dt = M$. Tu je $J = mR^2/2$ vztrajnostni

moment plošče. Enačbi seštejemo in dobimo $J(d\omega_1/dt + d\omega_2/dt) = 0$, iz česar sledi $\omega_1 + \omega_2$ = konst. = ω_0. Ko enačbi odštejemo, dobimo:
$Jd(\omega_1 - \omega_2)/dt = -2A(\omega_1 - \omega_2)$. Rešitev te enačbe je $\omega_1 - \omega_2 = (\omega_1 - \omega_2)_{t=0}e^{-(2A/J)t} = \omega_0 e^{-(2A/J)t} = \omega_0 e^{-t/\tau}$. Tu je $\tau = J/2A = md/2\pi\eta R^2$ = 8 ms. Kotni hitrosti plošč se spreminjata kot $\omega_1 = (\omega_0/2)(1 + e^{-t/\tau})$ in $\omega_2 = (\omega_0/2)(1 - e^{-t/\tau})$. Razlika kotnih hitrosti pade približno na tretjino začetne vrednosti v v času τ = 8 ms, na stotino začetne vrednosti pa približno v času 5τ = 40 ms.

9. Zrno cvetnega prahu leske lahko aproksimiramo s kroglo s premerom približno 20 μm in z gostoto približno 1kg/dm^3. Izračunajmo hitrost, s katero zrno pada v mirujočem zraku. Viskoznost zraka je 1,73 10^{-5} Ns/m^2.
Hitrost zrna je $v = 2\rho r^2 g/9\eta$ = 1,3 cm/s, Reynoldsovo število pa 0,02.

*Zrna cvetnega prahu vetrocvetk so približno te velikosti in že majhna hitrost vetra zadošča, da dalj časa ostanejo v zraku in prepotujejo velike razdalje

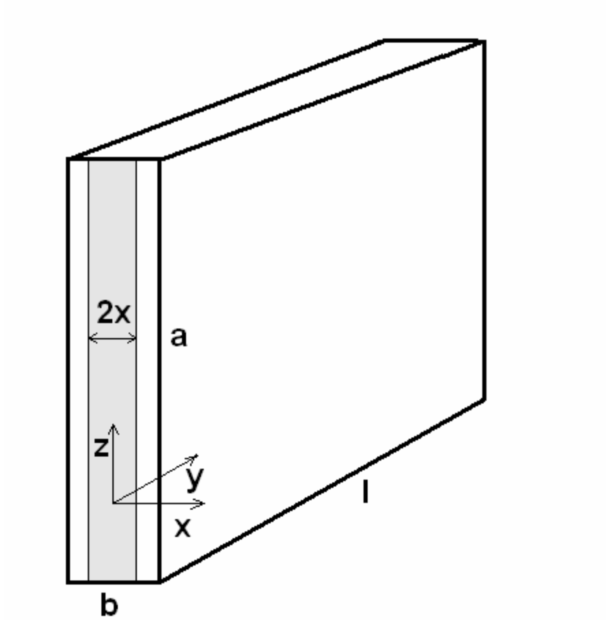
10. Ocenimo še, s kolikšno hitrostjo pada v mirnem zraku bombažno vlakno, ki ima premer 15 μm, dolžino nekaj cm, masa na enoto dolžine pa je 150 mg/km.
Hitrost zraka v okolici vlakna se najhitreje spreminja v radialni smeri, zato približno velja $mg = F_u \approx (2\pi rl)\eta(v/r) = 2\pi l\eta v$, iz česar sledi $v \approx mg/2\pi\eta l$ = 1,4 cm/s. Izračunajmo še Reynoldsovo število. Ko je $l >> d$, velja $Re = \rho vd/\eta$ = 0,015. Ker je Reynoldsovo število majhno, je ocena z linearnim zakonom upora upravičena.

*Prinekaterih rastlinah (bombaž, rogoz...) je seme pritrjeno na dolga vlakna, ki upočasnijo padanje v zraku in omogočijo, da veter semena odnese daleč od rastline.

11. Dve kroglici s polmeroma R in r (R>r) zvežemo s tanko nitjo. Kroglici sta narejeni iz snovi z gostoto ρ_0. Kroglici spustimo v olje z gostoto ρ ($\rho<\rho_0$) in viskoznostjo η. S kolikšno hitrostjo kroglici padata? S kolikšno silo je napeta vrv?
Ko kroglici padata enakomerno, je spodaj večja kroglica, ki bi bila sama hitrejša. Predpostavimo, da velja linearni zakon upora. Ko je padanje enakomerno velja $(\rho_0 - \rho)\frac{4}{3}\pi R^3 g - F_v - 6\pi\eta R v = 0$ in $(\rho_0 - \rho)\frac{4}{3}\pi r^3 g + F_v - 6\pi\eta r v = 0$. Iz enačb izračunamo hitrost, $v = \dfrac{2g(\rho_0 - \rho)(R^2 - Rr + r^2)}{9\eta}$ in napetost vrvi,

$$F_v = \frac{4\pi}{3} g(\rho_0 - \rho) rR(R - r).$$

12. Ploščata cev pravokotnega preseka s stranicama a in b (a>>b) ima dolžino l. Vzdolž cevi teče tekočina z viskoznostjo η. Kolikšen je prostorninski tok, če je razlika tlakov na obeh straneh cevi Δp? Kolikšna je največja hitrost tekočine?



Tekočina teče vzdolž osi y. Vpliv ožjih stranskih ploskev cevi s širino b na tok tekočine zanemarimo. V tem približku je hitrost tekočine samo funkcija koordinate x . Sila, ki deluje na označeni del tekočine s širino 2x v smeri toka, je enaka $F = 2xa\Delta p$. Viskozna sila na mejnih ploskvah, ki deluje v nasprotni smeri, je enaka $F_v = -2al\eta dv/dx$. Pri stacionarnem toku sta sili enaki, iz česar sledi enačba $dv/dx = -(\Delta p/l\eta)x$ z rešitvijo $v = (\Delta p/8l\eta)(b^2 - 4x^2)$. Upoštevali smo pogoj, da je ob stenah cevi ($x = \pm b/2$) hitrost tekočine nič. Tekočina ima največjo hitrost na sredi cevi, kjer je enaka $v = \Delta pb^2/8l\eta$. Prostorninski tok po cevi je enak

$$\Phi_v = \int_{-b/2}^{b/2} vadx = \frac{\Delta pab^3}{12l\eta}.$$

13. Viskozna tekočina laminarno in stacionarno teče po cevi krožnega preseka z dolžino l. Polmer cevi ni stalen, ampak se vzdolž cevi spreminja kot r(x) = a + bx. Na začetku cevi pri x=0 je tlak enak $p_0+\Delta p$, na koncu cevi pri x = l pa je tlak enak p_0. Kolikšen je prostorninski tok? Kako se vzdolž cevi spreminja tlak?

Za cev dolžine l s polmerom r smo ugotovili, da je prostorninski tok enak

$$\Phi_v = \frac{\pi\Delta pr^4}{8\eta l}.$$

Tu je Δp razlika tlakov med koncema cevi. V cevi se tlak vzdolž toka linearno spreminja od $p_0+\Delta p$ na eni strani do p_0 na drugi strani. Za kratek del te cevi z dolžino dx lahko enačbo za prostorninski tok prepišemo v obliki

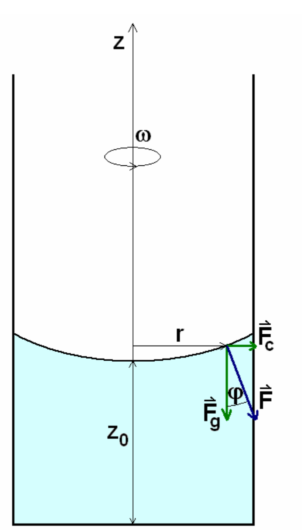
$\Phi_v = -\frac{\pi r^4}{8\eta}\frac{dp}{dx}$. Razliko tlakov med koncema izbranega odseka cevi smo označili z dp. Znak – je potreben, ker tlak vzdolž toka (v smeri koordinate x) pada. Dobljeno enačbo uporabimo tudi v primeru, ko polmer cevi ni konstanten. Je pa v tem primeru konstanten prostorninski tok. Enačbo prepišemo v obliki $dp = -\frac{\Phi_v 8\eta}{\pi}\frac{dx}{r^4}$ in integriramo po x od 0 do x. meji x = 0 ustreza tlak $p = p_0 + \Delta p$, meji x pa tlak p. Rezultat je $p = p_0 + \Delta p - \frac{8\eta\Phi_v}{3\pi b}\left(\frac{1}{a^3} - \frac{1}{(a+bx)^3}\right)$. V posebnem primeru, ko je x = l, je tlak $p = p_0$, iz česar sledi $\Phi_v = \frac{\Delta p 3\pi b a^3 (a+bl)^3}{8\eta\left[(a+bl)^3 - a^3\right]}$ in $p = p_0 + \Delta p\left(1 - \frac{(a+bl)^3\left[(a+bx)^3 - a^3\right]}{(a+bx)^3\left[(a+bl)^3 - a^3\right]}\right)$.

Izraz za Φ_v lahko zapišemo tudi v obliki $\Phi_v = \frac{\Delta p \pi a^3 (a+bl)^3}{8\eta l\left[a^2 + abl + b^2 l^2/3\right]}$, iz katere lažje vidimo, kolikšen je prostorninski tok pri majhnih b in v limiti $b \to 0$.

14. Za koliko se dvigne voda med dvema navpičnima steklenima ploščama, med katerima je razdalja d = 0,5 mm?

Ker je mejni kot voda-steklo 0^0, ima površje vode med ploščama približno obliko valja s polmerom r = d/2. Pod površjem je tlak nižji kot zunaj za $\Delta p = \gamma/r = 2\gamma/d$. Hkrati je $\Delta p = \rho g h$, kjer je h dvig vode med ploščama. Z izenačenjem obeh izrazov dobimo $h = 2\gamma/\rho g d = 29$ mm.

15. V valjasti posodi s polmerom R in višino h je do višine h/3 nalita voda. Posoda se začne vrteti okrog svoje osi s kotno hitrostjo ω. Kakšna je oblika površja? Pri kateri kotni hitrosti začne voda teči čez rob?



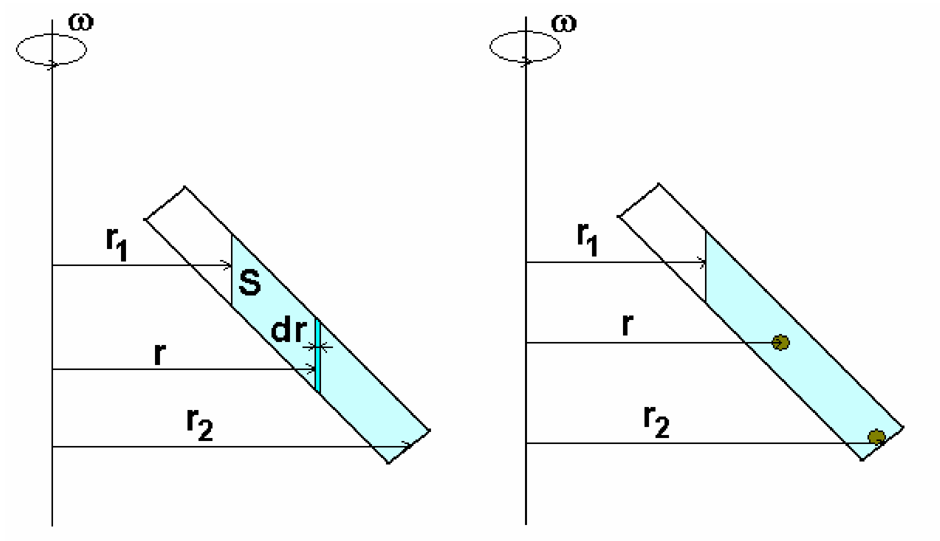
Površje mirujoče kapljevine se postavi pravokotno na silo, ki deluje nanj. V sistemu, v katerem kapljevina miruje (rotirajoči sistem), delujeta nanjo teža F_g in centrifugalna sila F_c. Njuna rezultanta F je pravokotna na površje kapljevine. Kot φ med tangentno ravnino na površje in vodoravno ravnino je hkrati enak kotu med težo in rezultanto sil F. Tangens tega kota, ki je enak dz/dr, pri čemer je z višina gladine, je hkrati enak $Fc/Fg = \omega^2 r/g$. Enačbo $dz/dr = \omega^2 r/g$ pomnožimo z dr in integriramo po r od 0 do r. Integracijski meji r=0 ustreza višina z_0, integracijski meji r pa višina z. Po integraciji dobimo $z = z_0 + \omega^2 r^2/2g$. Neznano višino z_0 določimo iz pogoja, da se prostornina vode ne spreminja. Prostornina vode je vsota prostornin tankih cevi debeline dr in dolžine z. Cev z notranjim polmerom r, debelino dr in dolžino z ima prostornino $dV = z2\pi rdr$. Prostornina vode je enaka $V = \int_0^R z2\pi rdr = \pi R^2 z_0 + \frac{\pi\omega^2 R^4}{4g} = \pi R^2 \frac{h}{3}$. Iz enačbe izračunamo z_0: $z_0 = \frac{h}{3} - \frac{\omega^2 R^2}{4g}$.

Poglejmo še, kako visoko je voda ob stenah posode: $z(R) = \frac{h}{3} + \frac{\omega^2 R^2}{4g}$. Ob stenah posode se gladina vode dvigne za toliko, kot se spusti na sredi. S povečevanjem kotne hitrosti se gladina vode na sredi znižuje in, ko je izpolnjen pogoj $\omega^2 R^2/4g = h/3$, se gladina dotakne dna ($z_0 = 0$). Pri še večjih kotnih hitrostih na sredi posode ni vode, ta je le ob robu. Gladino vode še vedno opisuje enačba $dz/dr = \omega^2 r/g$, katere rešitev je v splošnem $z = C + \omega^2 r^2/2g$. Konstanto C smo prej imenovali z_0. Ko na sredi posode ni vode zapišemo C v obliki $C = -\omega^2 d^2/2g$. Tu je d oddaljenost od osi, do katere je dno suho. Voda je le v področju d<r<R.

Prostornino vode izračunamo enako kot prej: $V = \int_a^R z2\pi rdr = \frac{\pi\omega^2 (R^2 - d^2)^2}{4g}$.

Prostornina V je seveda enaka začetni prostorni vode, iz česar sledi zveza $d^2 = R^2 - \sqrt{\frac{4ghR^2}{3\omega^2}}$. Višina gladine vode ob stenah posode je enaka $z(R) = \frac{\omega^2 (R^2 - d^2)}{2g} = \sqrt{\frac{h\omega^2 R^2}{3g}}$. Voda doseže rob posode (z(R) = h), ko je kotna hitrost enaka $\omega = \frac{\sqrt{3gh}}{R}$.

16. Rotor centrifuge se vrti s 15000 obrati v minuti. V centrifugi je cevka z vodo. Dno cevke je od osi oddaljeno r_2 = 10 cm, gladina vode pa r_1 = 5 cm. Kolikšen je tlak pri dnu cevke, če je nad gladino vode tlak p_0 = 1 bar? Kolikšno delo bo bilo potrebno, da bi premaknili delec s prostornino V in gostoto ρ na mesto, katerega oddaljenost od osi je r ($r_1 < r < r_2$)?



Na plast vode med r in r+dr z maso dm = ρSdr delujeta v radialni smeri dve sili: p(r+dr)S in p(r)S. Njuna razlika je enaka centripetalni sili: p(r+dr)S – p(r)S =dmω^2r. Vstavimo dm in upoštevamo, da je p(r+dr) – p(r) = (dp/dr)dr pa dobimo enačbo dp/dr = $\rho\omega^2$r. Enačbo pomnožimo z dr in integriramo po r od r_1 do r. Integracijski meji r_1 ustreza tlak p_0, integracijski meji r pa tlak p. rezultat je: $p = p_0 + \rho\omega^2(r^2 - r_1^2)/2$. Ob dnu cevke je tlak $p = p_0 + \rho\omega^2(r_2^2 - r_1^2)/2 = 93{,}4$ bar.

Če želimo premakniti delec s prostornino V in maso m v radialni smeri proti osi za dr, moramo uporabiti silo, ki je malo večja od centripetalne sila, kaže pa proti osi: $F = -m\omega^2 r$. Delo te sile je enako $dA' = -m\omega^2 r dr = -\rho V\omega^2 r dr$. To bi bilo res, če bi bil delec v vakuumu. V vodi pa se v nasprotni smeri premakne del vode z enako prostornino, čemur ustreza delo $dA'' = \rho_0 V\omega^2 r dr$. Tu je ρ_0 gostota vode. Delo, ki ga moramo opraviti je torej $dA = dA' + dA'' = -(\rho-\rho_0)V\omega^2 r dr$. Če bi bila gostota delca enaka gostoti vode, bi bilo delo nič, saj se skupna energija nebi spremenila. Delo, ki ga opravimo pri premiku delca od dna cevke ($r = r_2$) do razdalje r od osi je enako $A = (\rho-\rho_0)V\omega^2(r_2^2 - r^2)$.

* Delo dA'' lahko razumemo kot delo »vzgona« $F_v = \rho_0 V\omega^2 r$, ki nastopa pri kroženju. Težnemu pospešku ustreza tu radialni pospešek ω^2r. V mirujoči tekočini zaradi teže narašča tlak z globino. Posledica tega je vzgon ρVg, ki deluje navpično navzgor. V vrteči se tekočini narašča tlak z oddaljernostjo od osi posledica tega naraščanja tlaka je »vzgon«, ki deluje proti osi, njegova velikost pa je enaka $\rho V a_r = \rho V\omega^2 r$.
* V laboratorijskih centrifugah je orientacija cevk približno taka, kot je na gornji sliki. Načeloma bi morali upoštevati tudi spreminjanje tlaka z višino zaradi teže tekočine, a ker je vedno $\omega^2 r >> g$, lahko težo zanemarimo.
* S centrifugo izločimo iz tekočine delce z večjo gostoto, na primer trdne delce pri čiščenju vode, vodne kapljice iz olja, celične organele, biomolekule itd. Ti delci se med vrtenjem usedejo na dno cevke.