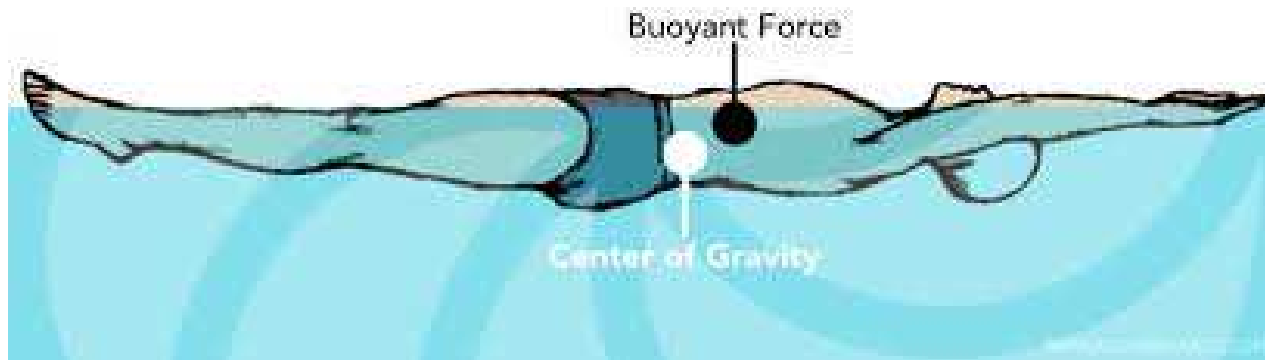


Statika fluida

Oblast koja proučava stanje fluida u mirovanju

- Hidrostatički pritisak
- Paskalov zakon
- Zemljina atmosfera i atmosferski pritisak
- Sila potiska i arhimedov zakon
- Površinski napon
- Kapilarne pojave



Statika fluida

Hidrostatički pritisak

- Pritisak – odnos sile i površine na koju ta sila djeluje u pravcu normalnom na tu površinu.

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

- Pritisak je skalarna veličina. Jedinica: $Pa = N m^{-2}$
- Gornja jednačina važi ako je sila ravnomjerno raspoređena po površini.
- Ako je sila neravnomjerno raspoređena pritisak u jednoj tački može se izračunati kao:

$$p = \frac{dF}{dS}$$

Statika fluida

Hidrostatički pritisak

- Gravitaciona sila djeluje na sve čestice fluida. Svaka čestica vrši pritisak svojom težinom na česticu ispod nje. Pritisak raste sa dubinom.
- Pritisak uslovljen težinom fluida (gravitacionom silom) naziva se hidrostatički pritisak.
- Pritisak na dubini h suda zavisi samo od h :

$$p = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S} = \frac{\rho Vg}{S} = \frac{\rho Shg}{S}$$

$$p = \rho gh$$



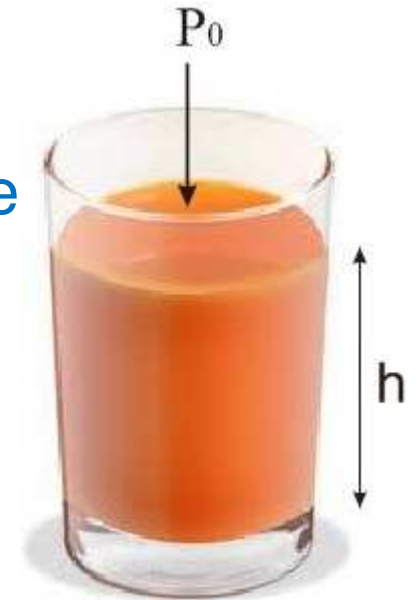
Statika fluida

Hidrostatski pritisak

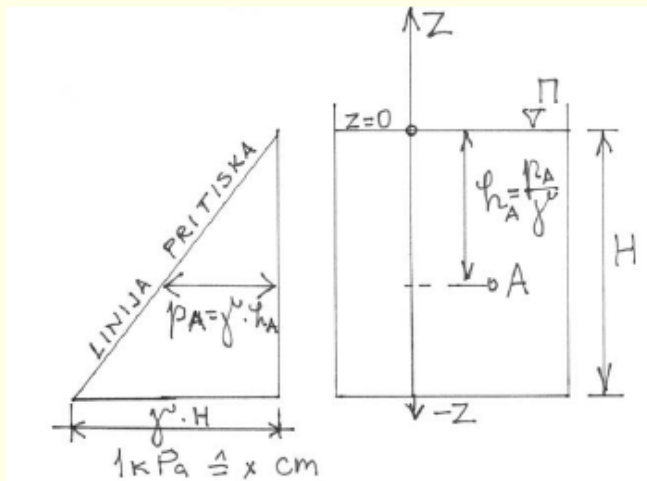
- Ako na fluid djeluje neki spoljašnji pritisak
 - Atmosferski
 - Pritisak drugog fluida ili
 - Pritisak pod dejstvom klipaonda je na dubini h ukupni pritisak:

$$p = p_1 + \rho g H$$

- Pritisak u jednoj tački dejstvuje na sve strane i normalan je na površinu na koju dejstvuje jer je i sila uvijek normalna.



Na površini suda $p=0$, $z=0 \Rightarrow \Pi=0$



OSNOVNA JEDNAČINA HIDROSTATIKE

$$\Pi = \frac{p}{\rho \cdot g} + z = \text{const}$$

$$\frac{p_A}{\rho \cdot g} + z_A = \Pi = 0$$

$$z_A = -h_A$$
$$p_A = \gamma \cdot h_A$$

$p = \gamma \cdot h$ raspored hidrostatičkog pritiska

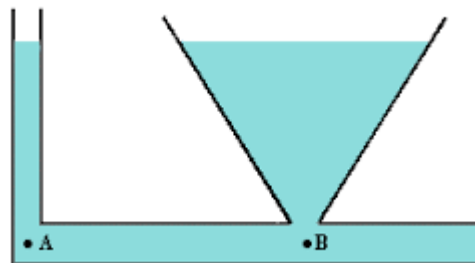
Hidrostatički pritisak u nekoj tački je proporcionalan visini vodenog stuba iznad te tačke. Koeficijent proporcionalnosti je specifična težina tečnosti $\gamma (= \rho \cdot g)$.

Visina pritiska $\frac{p}{\rho \cdot g}$ ima dimenziju dužine, i u hidraulici se najčešće izražava u metrima vodenog stuba.

Statika fluida

Hidrostatski pritisak

- Osobine hidrostatičkog pritiska:
 - Pritisak ima istu vrijednost u svim tačkama koje se nalaze na istom nivou,
 - Pritisak ne zavisi od oblika suda u kome se nalazi fluid – hidrostatički paradoks,



- Slobodne površine fluida u svim spojenim sudovima imaju iste nivoe bez obzira na oblik suda.

Statika fluida

Hidrostatički pritisak

- Na principu spojenih posuda rade manometri:
 - Cijev u obliku slova U ispunjena tečnošću,
 - Jedan kraj cijevi se spaja sa sudom u kome se mjeri pritisak,
 - Na drugom kraju cijevi djeluje atmosferski pritisak,
 - Nepoznati pritisak je:

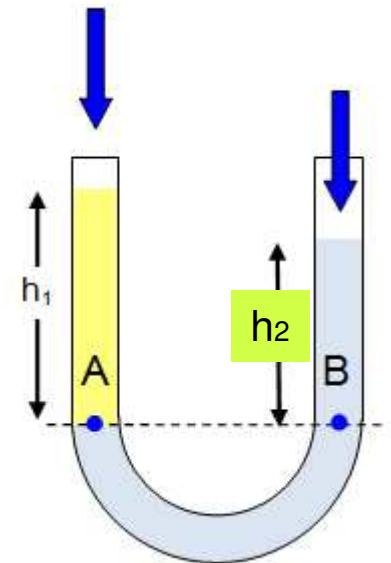
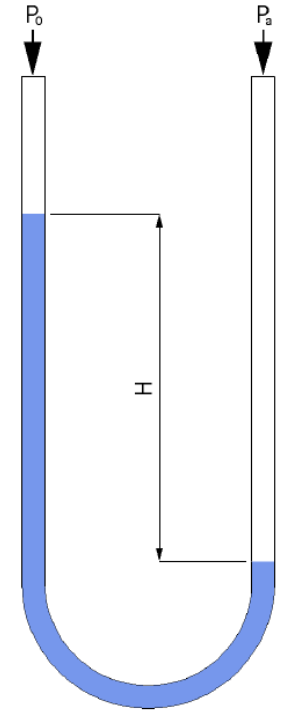
$$p = p_0 + \rho g H$$

- Nivoi spojenih sudova biće različiti za slučaj dvije tečnosti različitih gustina koje se ne miješaju:

$$p_0 + \rho_1 g h_1 = p_0 + \rho_2 g h_2$$



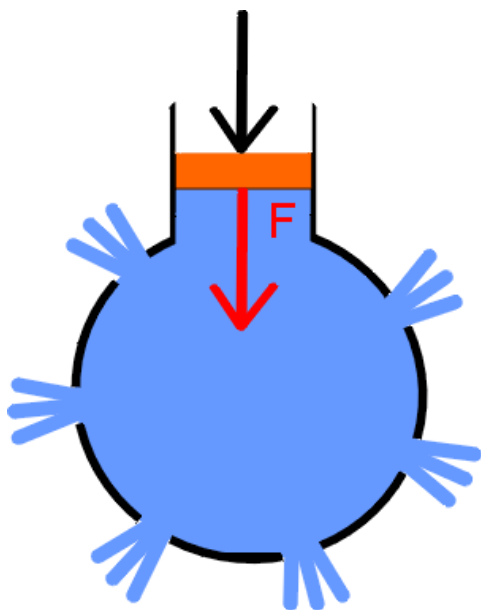
$$\rho_2 = \rho_1 \frac{h_1}{h_2}$$



Statika fluida

Paskalov zakon

- Kod čvrstih tijela pritisak se prenosi u pravcu dejstva sile.
- Spoljni pritisak kod fluida se prenosi podjednako u svim pravcima.
 - Posmatra se prenošenje spoljašnjeg pritiska na dio nestišljive tečnosti,
 - Zanemaruje se gravitaciona sila, odnosno težina same tečnosti.



Blez Paskal
Francuski matematičar, fizičar i filozof
1623-1662

Statika fluida

Paskalov zakon

- Sud sa dva klipa.

- Sila F_1 djeluje na klip S_1 ;

- Sila pomjera klip za Δx_1 i vrši rad:

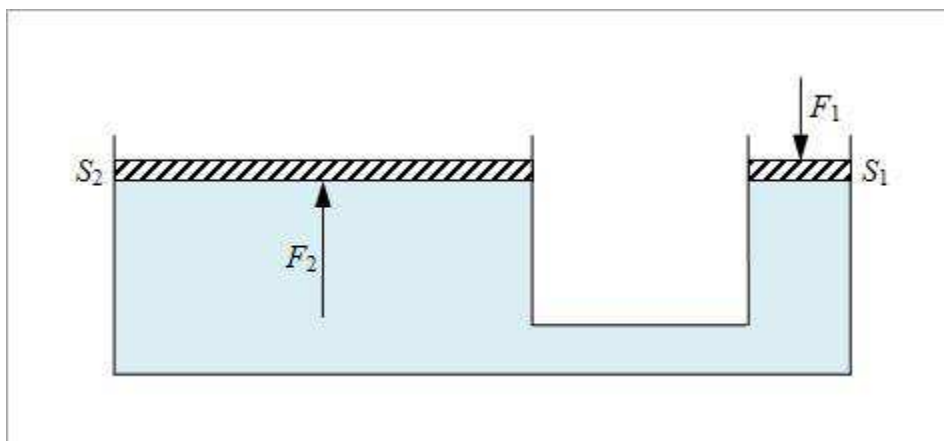
$$A_1 = F_1 \Delta x_1 = p_1 S_1 \Delta x_1$$

- Iz cilindra se istiskuje tečnost zapremine $s_1 \Delta x_1$

- Pošto je tečnost nestišljiva ona će djelovati na klip površine S_2 silom F_2 i pomjeriti ga za Δx_2

- Zapremina istisnute i utisnute tečnosti je ista:

$$S_1 \Delta x_1 = S_2 \Delta x_2$$



Statika fluida

Paskalov zakon

- Sud sa dva klipa.

- Sila F_2 pomjera klip za Δx_2 i vrši rad:
- Klipovi se kreću bez trenja pa je:

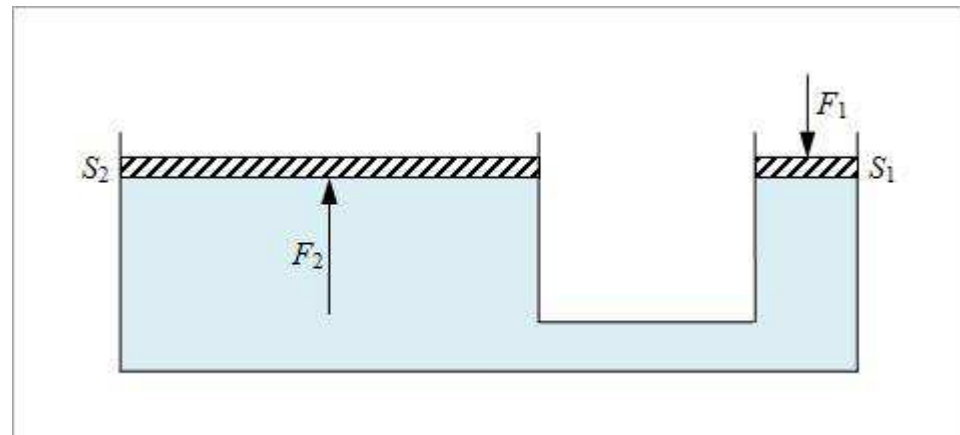
$$A_2 = F_2 \Delta x_2 = p_2 S_2 \Delta x_2$$

$$A_1 = A_2 \Rightarrow p_1 S_1 \Delta x_1 = p_2 S_2 \Delta x_2$$



$$p_1 = p_2$$

- Paskalov zakon: pritisak koji se spolja vrši na neku tečnost prenosi se kroz nju na sve strane podjednako.



Statika fluida

Paskalov zakon

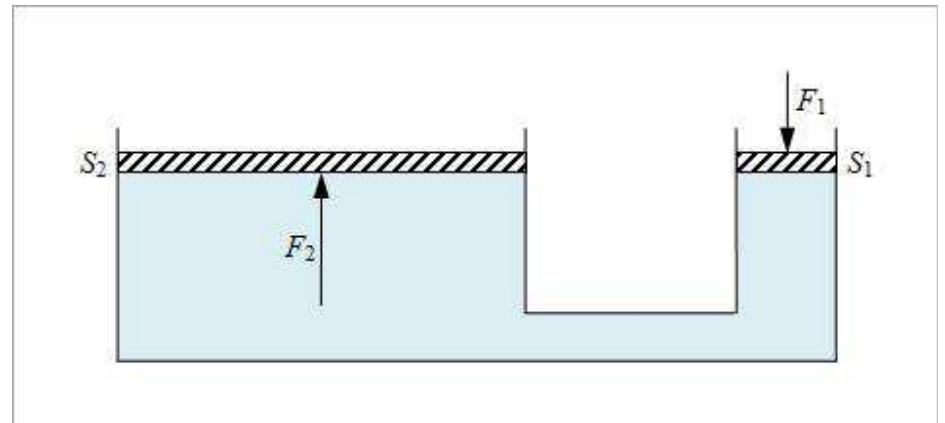
- Iz Paskalovog zakona slijedi:

$$p_1 = p_2 \quad \longrightarrow \quad \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \quad \longrightarrow \quad F_2 = F_1 \frac{S_2}{S_1}$$

- Sila koja djeluje na veći klip veća je od sile koja djeluje na manji klip onoliko puta koliki je odnos površina klipova.

Princip rada hidraulične prese.

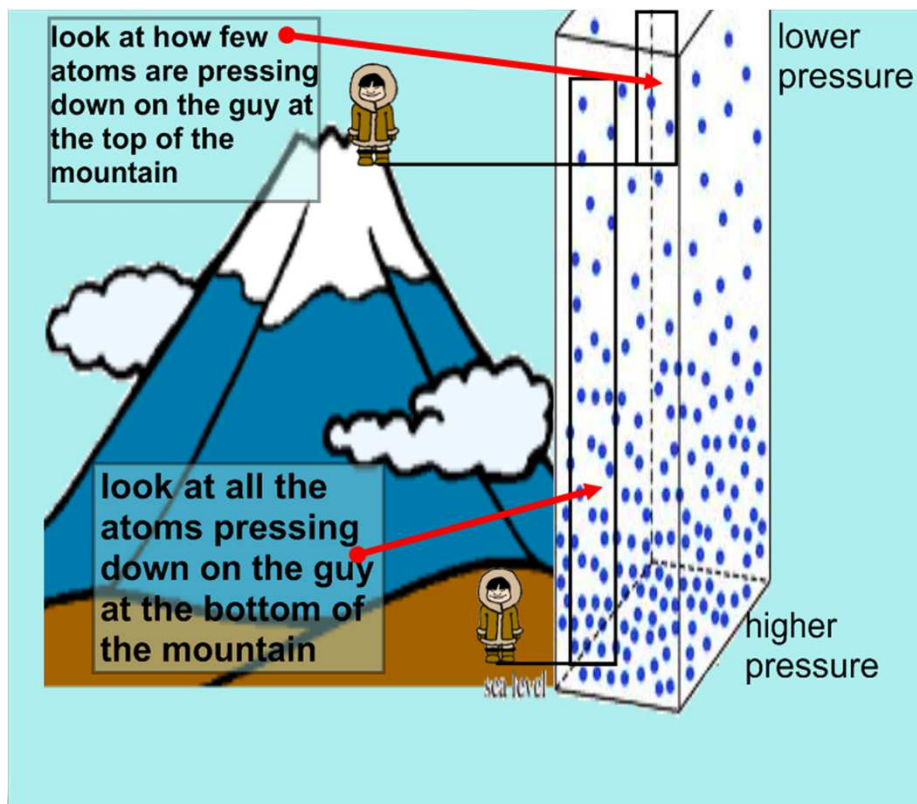
Princip rada hidraulične kočnice.



Statika fluida

Zemljina atmosfera - Atmosferski pritisak

- Sloj gasova koji okružuje Zemlju i na koji djeluje Zemljina teža koja čestice vuče ka površini Zemlje.
- Pritisak gasa i gustina opada sa visinom.



Statika fluida

Zemljina atmosfera - Atmosferski pritisak

- Srednja gustina atmosfere:

$$\rho = 1.293 \text{ kg/m}^3$$

- Gravitacione sile djeluju i na čestice vazduha u atmosferi, pa vazduh ima težinu, kojom vrši pritisak na sva tijela.
- Zbog sopstvene težine vazdušnog stuba iznad Zemljine površine nastaje atmosferski pritisak.
- Atmosferski pritisak je uočio i prvi izmjerio Toričeli 1643. godine.

Statika fluida

Atmosferski pritisak

- Toričelijev eksperiment:
 - Živa u epruveti i u sudu.

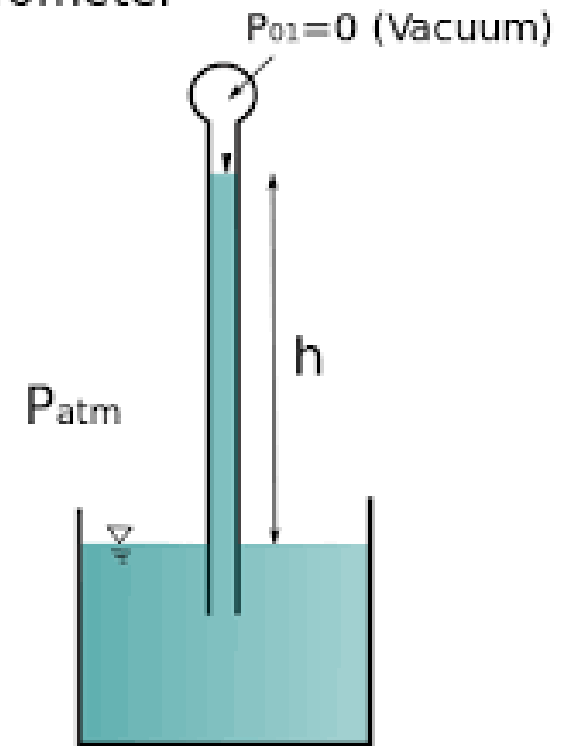
$$h = 0,76 \text{ m}$$

$$p_a = \rho gh + p = \rho gh$$

$$\rho = 13595 \text{ kg/m}^3$$

$$p_a = 13596 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,80665 \text{ m/s}^2 \cdot 0,76 \text{ m} = 101325 \text{ Pa}$$

Barometer

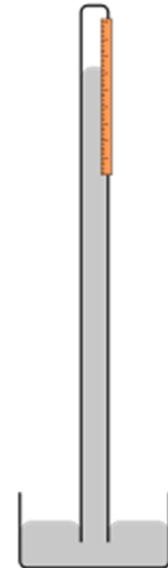


Statika fluida

Atmosferski pritisak

- Gustina vazduha se mijenja sa visinom pa se mijenja i atmosferski pritisak.
- Instrument za mjerenje atmosferskog pritiska:
 - Barometri sa živom ili vodom koji rade na principu Toričelijeve cijevi,
 - Aneroidi – metalni barometri gdje vazduh djeluje na talasastu membranu koja se pod pritiskom savija i pokreće kazaljku.

$$p_a = p_0 e^{-\frac{\rho_0 g h}{p_0}}$$



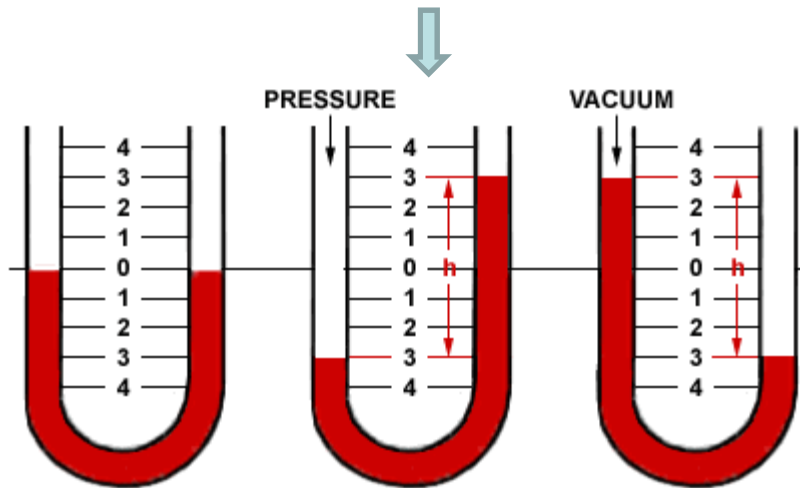
Statika fluida

Atmosferski pritisak

- Mjerenje pritiska – otvoreni manometar.
- Instrument za mjerenje atmosferskog pritiska:

$$p + \rho gh' = p_a + \rho gh + \rho gh'$$

$$p = p_a + \rho gh$$

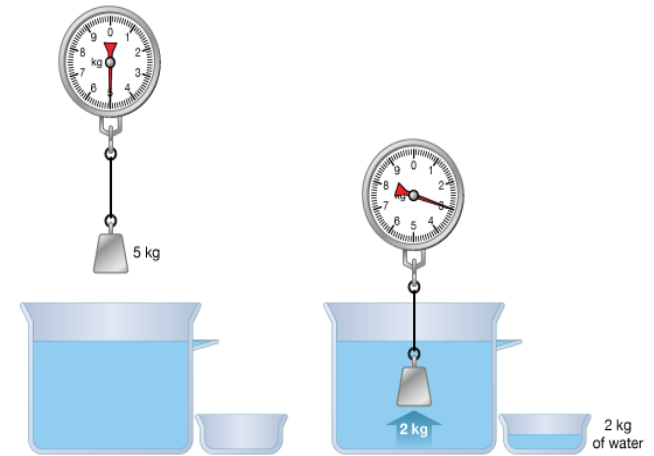


$$p = p_a - \rho gh$$

Statika fluida

Sila potiska

- Poznato je da:
 - ➔ kamen u vodi lakše držimo nego u vazduhu,
 - ➔ je potrebna veća sila da bi se gumena lopta potopila pod vodu, dok bi čelična lopta sama potonula.
- Uzrok:
 - Voda djeluje na tijela potopljena u njoj izvjesnom silom vertikalno naviše.
- Sila kojom fluidi djeluju na potopljena tijela naziva se sila potiska:
 - Isti pravac kao i gravitaciona sila,
 - Suprotan smijer.
- Silu potiska ne treba mješati sa pritiskom koji djeluje odozgo na tijelo.



© 2012 Encyclopædia Britannica, Inc.

$$F_p = G - G'$$

Statika fluida

Sila potiska

- Na tijelo potopljeno u vodi djeluju:
 - Sile bočnog pritiska koje su uravnotežene jer su istog intenziteta, a suprotnog smijera,
 - sile pritiska odozgo i odozdo, koje su različite po intenzitetu, zbog različitih hidrostatičkih pritisaka i suprotnih smjerova.

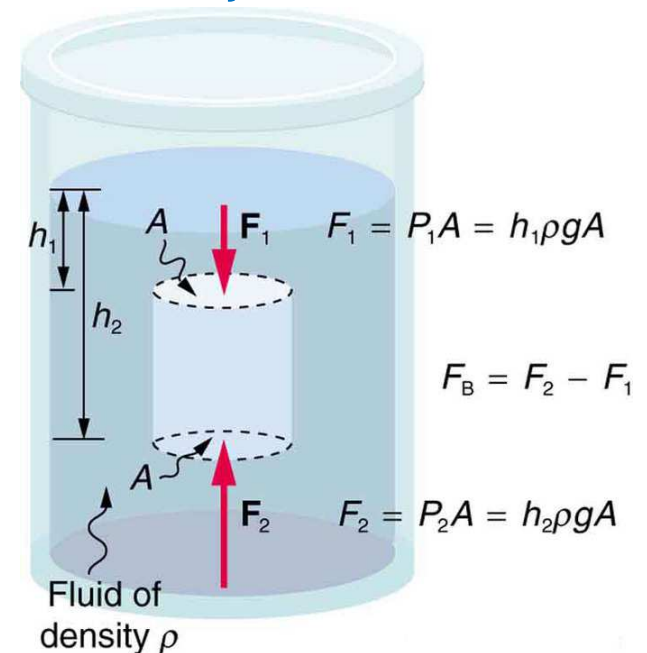
$$F_p = F_2 - F_1$$

$$F_p = p_2 S - p_1 S$$

$$F_p = \rho g h_2 S - \rho g h_1 S = \rho g S (h_2 - h_1)$$

$$F_p = \rho g V = \sigma V = Q$$

Sila potiska je brojno jednaka težini tečnosti koju istisne potopljeno tijelo.

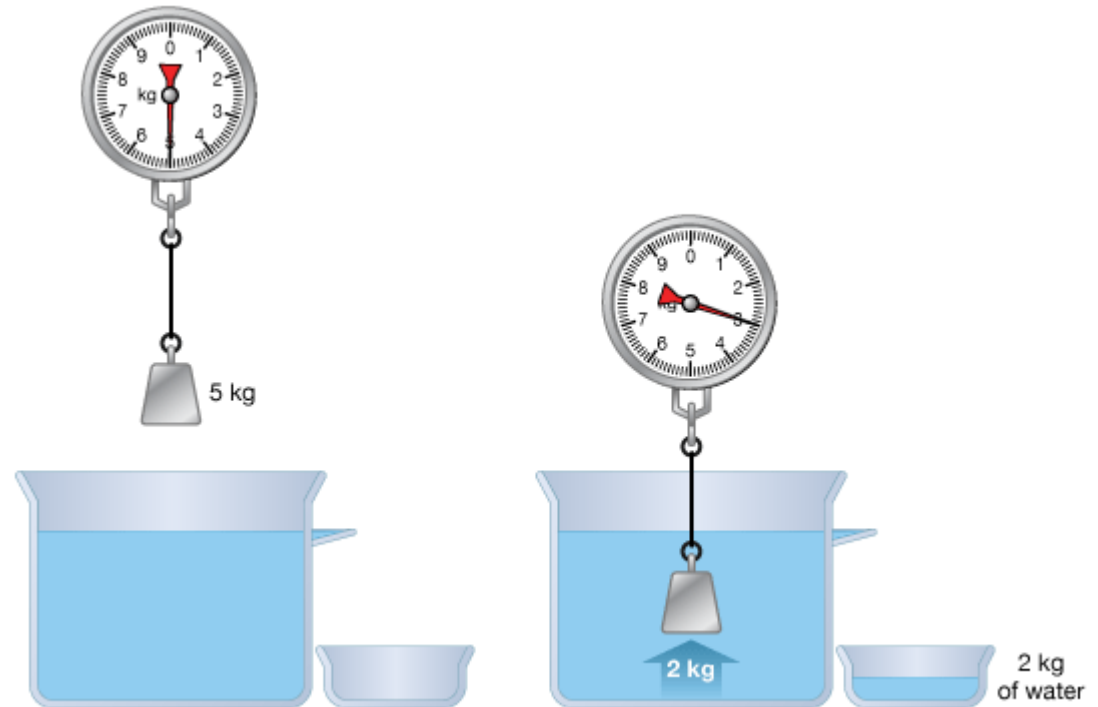


Statika fluida

Arhimedov zakon

- Na tijelo koje je potopljeno u tečnost, djeluje sila potiska jednaka težini istisnute tečnosti.

$$F_p = \rho g V = \sigma V = Q$$



Statika fluida

Sila potiska

- Kada je tijelo potopljeno u tečnost mogu nastupiti tri slučaja:

- Tijelo pada na dno ako je težina tijela veća od sile potiska,

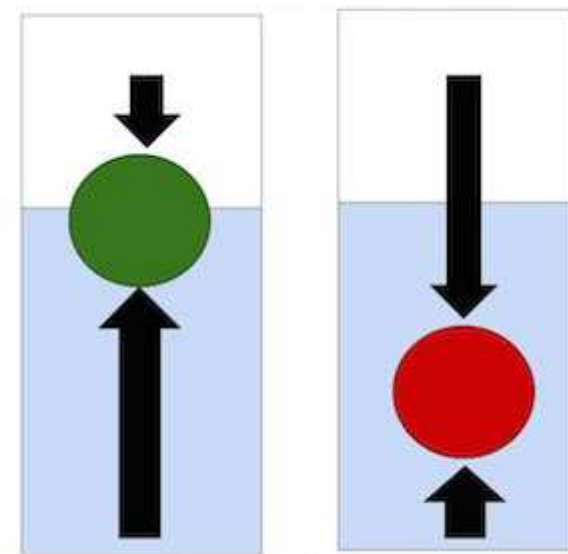
$$F_g > F_p \quad \rho_{\text{tijela}} > \rho_{\text{tečečnos}}$$

- Tijelo lebdi ako je težina tijela jednaka sili potiska,

$$F_g = F_p \quad \rho_{\text{tijela}} = \rho_{\text{tečečnos}}$$

- Tijelo pliva ako je težina tijela manja od sile potiska.

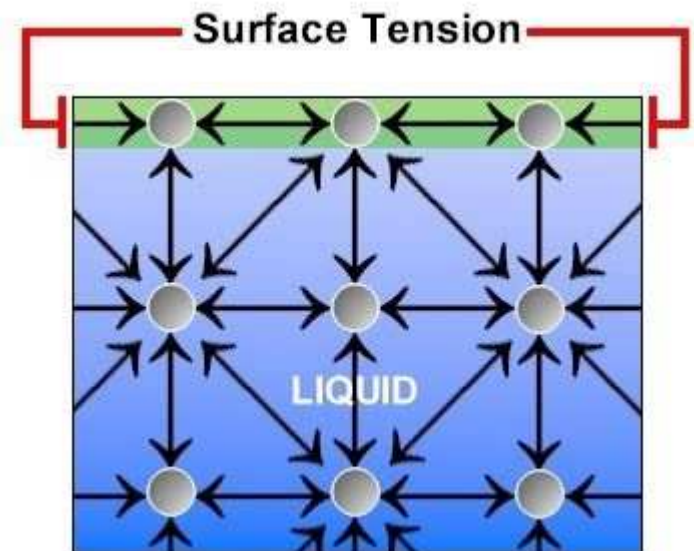
$$F_g < F_p \quad \rho_{\text{tijela}} < \rho_{\text{tečečnos}}$$



Statika fluida

Površinski napon

- Pojave koje se javljaju u površinskom sloju tečnosti kao posljedica međumolekularnih sila:
 - Djeluju veoma intenzivno samo na kratkim rastojanjima koja ne prelaze 6 nm ($R=3r$),
 - Brzo opadaju sa rastojanjem.
- Ako je dubina fluida veća od R :
 - Molekul je potpuno okružen susjednim molekulima koji djeluju na njega,
 - Rezultujuća sila je jednaka nuli.
- Ako je dubina fluida manja od R :
 - Molekul nije potpuno okružen susjednim molekulima,
 - Rezultujuća sila je različita od nule.



Statika fluida

Površinski napon

- izjednačeno privlačenje između molekula tečnosti narušeno je na površini između tečnosti i gasa:
 - Na molekul na površini sa donje strane djeluju molekuli tečnosti, a sa gornje strane molekuli vazduha,
 - Gustina vazduha je relativno mala pa su i privlačne sile molekula vazduha male i mogu se zanemariti,
 - Sabiranjem molekularnih privlačnih sila tečnosti dobija se rezultujuća sila:
 - Ima smijer ka unutrašnjosti tečnosti,
 - Pravac normalan na slobodnu površinu.
 - Posljedice:
 - Smanjenje slobodne površine,
 - Nastajanje zategnute membrane,
 - Laki predmeti plivaju na površini.



Statika fluida

Površinski napon

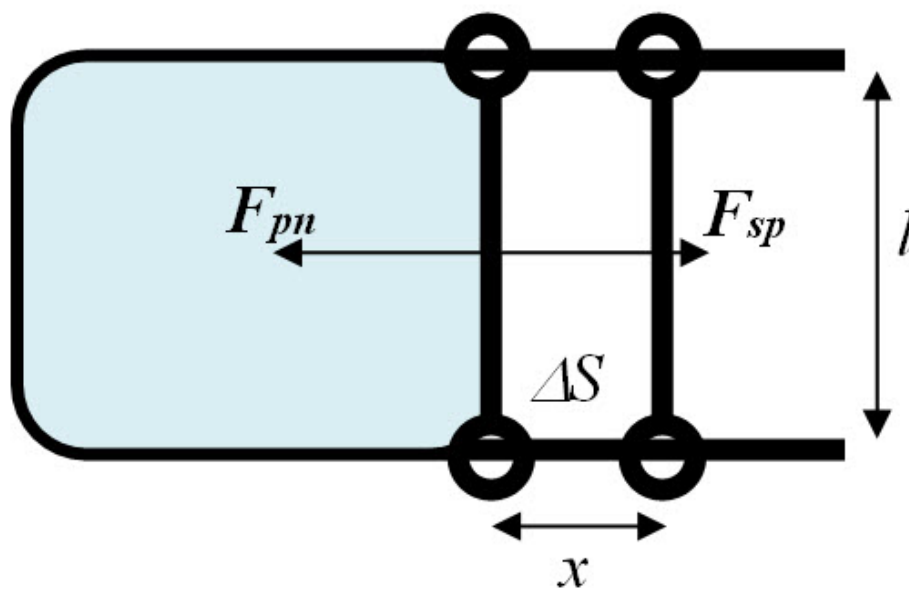
- Kapi tečnosti kada slobodno formiraju oblik, uvijek zauzimaju oblik sfere:
 - Svaki površinski molekul zbog rezultante sila teži da uđe u unutrašnjost,
 - Formira se takav oblik koji za datu masu ima najmanju površinu - **SFERA**



Statika fluida

Površinski napon

- Ram uronjen pa izronjen iz sapunice:
 - Na njemu se formira opna,
 - Opna teži da smanji površinu pod dejstvom rezultante međumolekulskih sila na pokretnu stranu rama,
 - Da bi se povećala površina opne na pokretnu stranu rama treba djelovati silom F .



Statika fluida

Površinski napon

- Ram uronjen pa izronjen iz sapunice:
 - Sila F pomjerenjem pokretne stranice dužine l za Δx izvrši rad:

$$\Delta A = F\Delta x$$

- Rad koji je potreban da se površina tečnosti poveća dovođenjem molekula na površinu tečnosti proporcionalan je promjeni površine:

$$\Delta A = \gamma\Delta S$$

- γ je koeficijent površinskog napona, zavisi od vrste i stanja tečnosti,
- Kako opna ima dvije površine, rad je:

$$\Delta A = 2\gamma\Delta S = 2\gamma l\Delta x$$



$$F\Delta x = 2\gamma l\Delta x \Rightarrow F = 2\gamma l$$

Statika fluida

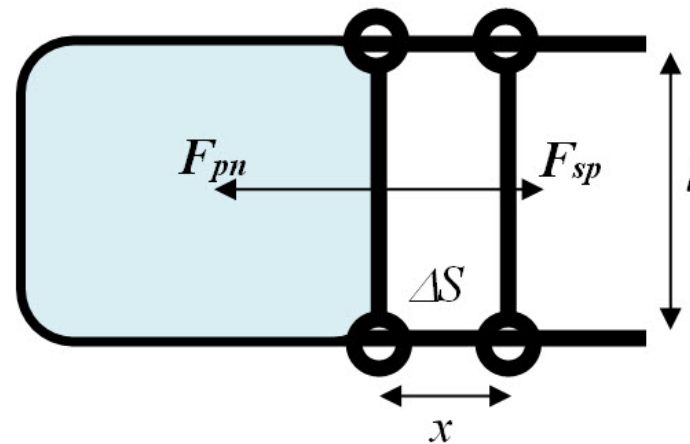
Površinski napon

- Koeficijent površinskog napona:
 - Sila koja djeluje na jedinicu dužine slobodne površine:

$$\gamma = \frac{F}{2l} \left[\frac{\text{N}}{\text{m}} \right]$$

- Rad potreban da se slobodna površina tečnosti poveća za jediničnu površinu:

$$\gamma = \frac{\Delta A}{2\Delta S} \left[\frac{\text{J}}{\text{m}^2} \right]$$



Statika fluida

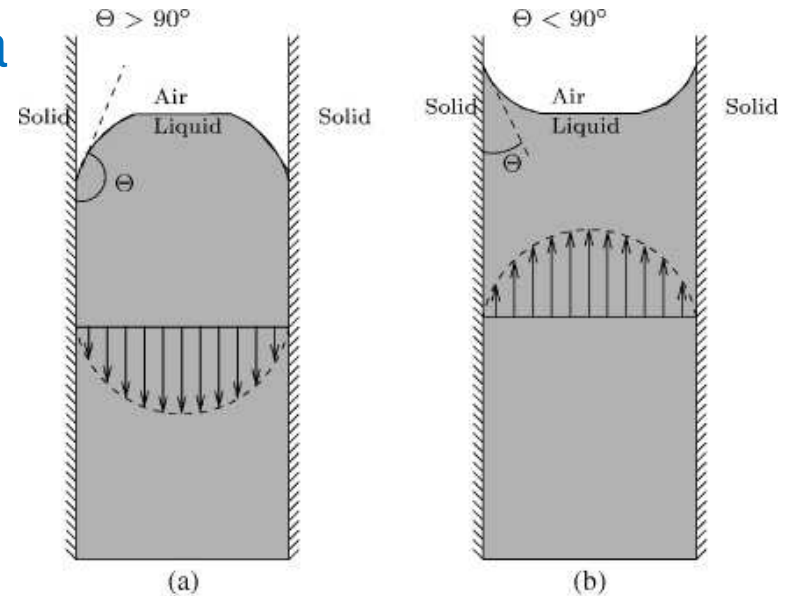
Pojave na granici tečnosti i čvrstih tijela

- Pri dodiru tečnosti sa čvrsti tijelom javljaju se:
 - Sile uzajamnog dejstva molekula tečnosti,
 - Sile uzajamnog dejstva molekula tečnosti i molekula čvrstog tijela.
- Dvije vrste sila:
 - Kohezivne sile – privlačne sile između molekula iste vrste,
 - Adhezivne sile - privlačne sile između molekula različitih vrsta.
- Moguća su dva slučaja:
 - Sile adhezije veće od sila kohezije – tečnost kvasi čvrsto tijelo,
 - Sile kohezije veće od sila adhezije – tečnost se spušta niz čvrsto tijelo.

Statika fluida

Pojave na granici tečnosti i čvrstih tijela

- Ugao koji gradi granična površina tečnosti sa čvrstim tijelom naziva se ugao kvašenja.

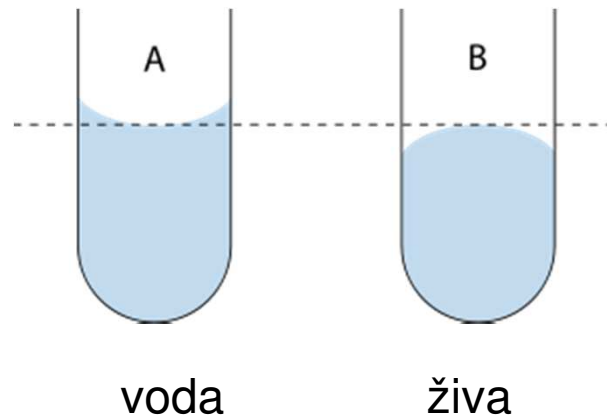


- Dva slučaja:
 - Sile adhezije veće od sila kohezije – ugao je manji od 90° , tečnost teži razlivanju,
 - Sile kohezije veće od sila adhezije – ugao je veći od 90° , tečnost teži formiranju kapi.

Statika fluida

Pojave na granici tečnosti i čvrstih tijela

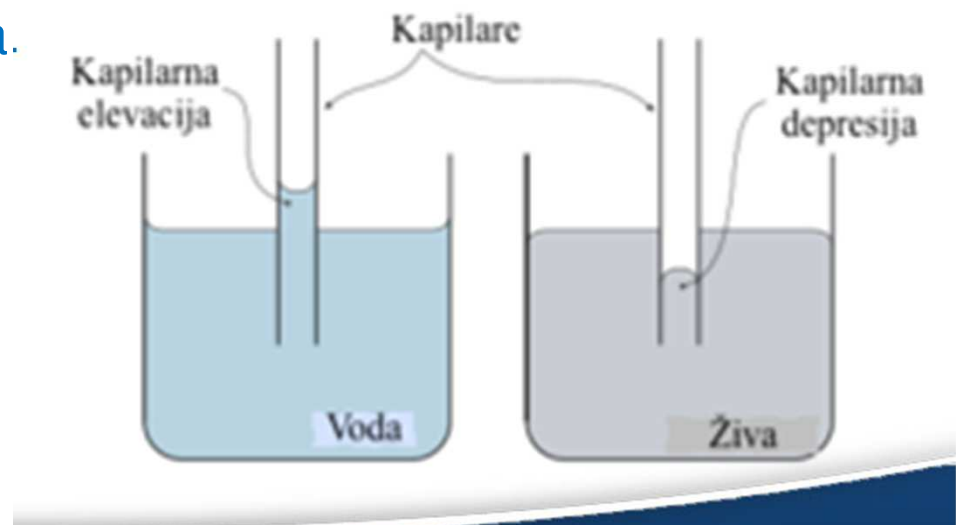
- Površina tečnosti se uvijek postavlja pod pravim uglom u odnosu na rezultujuću silu i naziva se meniskus.



Statika fluida

Kapilarne pojave

- Kapilarne pojave su posljedica pojava na granici tečnosti.
 - Tečnost u kapilarama (uske cijevi prečnika od 1 mm) se ne ponašaju po zakonima spojenih sudova.
- Nivo tečnosti u kapilarama je:
 - Iznad nivoa tečnosti u sudu ako tečnost kvasi zidove kapilara – kapilarna atrakcija,
 - Ispod nivoa tečnosti u sudu ako tečnost ne kvasi zidove kapilara – kapilarna depresija.



Statika fluida

Kapilarne pojave

- Visina penjanja tečnosti zavisi od vrste tečnosti i poluprečnika kapilare.
 - Nakon uranjanja kapilare u tečnost, adhezione sile povlače molekule tečnosti uz zid,
 - Tome se suprotstavljaju sile površinskog napona koje teže da smanje slobodnu površinu,
 - Tečnost se penje dok se ne izjednači paralelna komponenta sile površinskog napona sa težinom stuba tečnosti iznad nivoa u sudu,
 - Sila površinskog napona djeluje po kružnici pa je:

$$Q = \rho \pi r^2 h g$$

$$F = \gamma 2 \pi r$$

$$Q = F \cos \theta$$

$$h = \frac{2\gamma}{\rho r g}$$

