



HIDRAULIČKI I PNEUMATSKI SISTEMI

Hidrostatika

Pojam hidrostатике



Hidrostatika je oblast hidraulike u kojoj se proučavaju zakoni ravnoteže tečnosti, kao i krutih tela potpuno ili delimično potopljenih u tečnost.

Pod ravnotežnim stanjem se podrazumeva stanje u kome se svaki delić tečnosti nalazi u mirovanju, odnosno stanje gde nema relativnog kretanja delića tečnosti u odnosu na druge deliće.

Pošto nema relativnog kretanja delića tečnosti tangencijalni naponi kod tečnosti u mirovanju su jednaki nuli.

Zbog toga se kod tečnosti u mirovanju javljaju samo normalni naponi, odnosno pritisci.

Hidrostatski pritisak



Kada se tečnost nalazi u stanju mirovanja u njoj se ne javljaju sile njenog viskoziteta, tj. sile koje se opiru klizanju i deformisanju slojeva tečnosti. Zbog toga su tečnosti u mirovanju po svojim osobinama veoma bliske idealnoj tečnosti.

Tečnost u mirovanju izložena je delovanju masenih i površinskih spoljnih sila:

- Masene sile, sile težine i sile inercije, proporcionalne su masi tečnosti. U svakoj tečnosti postoji unutrašnji pritisak koji nastaje usled njene težine. Sile inercije se javljaju, na primer, kada se tečnost nalazi u relativnom mirovanju, a smeštena je u pokretni sud (u cisterni) i sl.
- Površinske sile deluju na površine razmatranih zapremina tečnosti, na primer - sila pritiska klipa na površinu tečnosti. Kao posledica delovanja spoljnih sila, unutar tečnosti se javljaju naponi, koji u stvari predstavljaju odnos sile i površine na koju ova sila deluje.

Hidrostatički pritisak



Pritisak u mirnoj tečnosti, nastao usled njene težine, odnosno napon koji se javlja unutar tečnosti koja je u mirovanju na čiju površinu ne deluje nikakva spoljašnja sila naziva se **hidrostatički pritisak**.

Da bi odredili taj pritisak posmatramo u nekoj tečnosti jedan njen deo oblika vertikalnog valjka poprečnog preseka A i visine h , čija baza leži na površini tečnosti.

Ako je specifična težina tečnosti γ , težina valjka će biti:

$$G = Ah\gamma \quad (N)$$

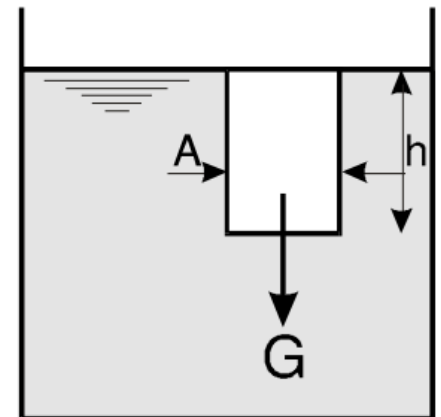
Pošto je $\gamma = \rho g$, gde je ρ gustina tečnosti, onda je:

$$G = Ah\rho g \quad (N)$$

Kako je pritisak jednak sili po jedinici površine, to je hidrostatički pritisak:

$$p = \frac{G}{A} = \frac{Ah\gamma}{A} = \frac{Ah\rho g}{A} = \rho gh = \gamma h \quad (N/m^2)$$

Hidrostatički pritisak jednak je proizvodu visine vodenog stuba i specifične težine tečnosti.



Hidrostatski pritisak



Hidrostatski pritisak ima dva važna svojstva:

- uvek je usmeren po unutrašnjoj normalni na ravan, na koju ovaj pritisak deluje;
- vrednost pritiska u jednoj tački tečnosti ista je u svim pravcima.

Hidrostatički pritisak od sopstvene težine tečnosti



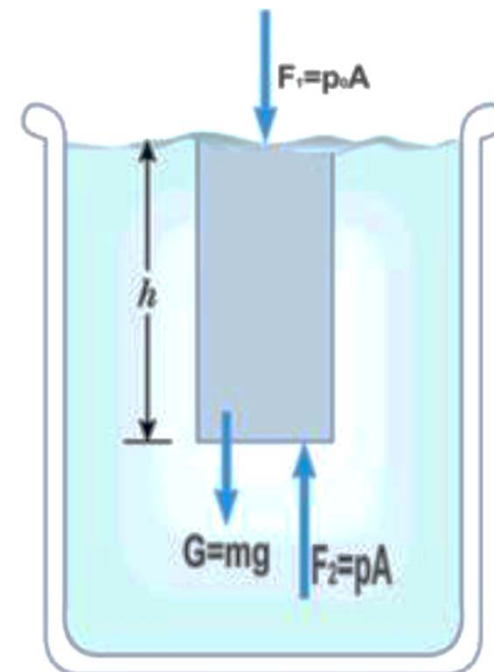
Na deo tečnosti zapremine $V=A \cdot h$ deluje gravitaciona sila $G=m \cdot g=\rho \cdot V \cdot g$, sila atmosferskog pritiska $F_1=p_0 \cdot A$ i sila pritiska na dubini h : $F_2=p \cdot A$. Pomoću jednačine ravnoteže sila, određuje se hidrostatički pritisak p .

$$pA = p_0A + mg$$

$$pA = p_0A + \rho Vg$$

$$pA = p_0A + \rho Ahg$$

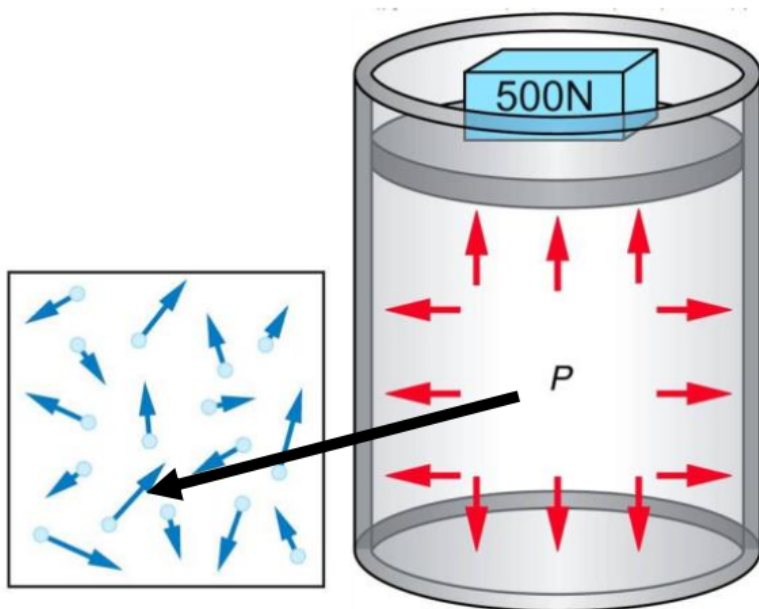
$$\mathbf{p = p_0 + \rho gh}$$



Paskalov zakon



Pritisak od spoljašnje sile, koji se stvara na graničnoj površini tečnosti koji se nalazi u ravnoteži u zatvorenom sudu, prostire se ravnomerno u svim pravcima mirne tečnosti.



Princip rada hidrauličke prese



Na principu primene Paskalovog zakona rade mnogi hidraulički uređaji, kao što su hidrauličke prese, hidrauličke dizalice, hidraulički akumulatori, multiplikatori i dr. Princip Paskalovog zakona iskorišćen je u radu svih hidrauličkih uređaja zapreminskog dejstva.

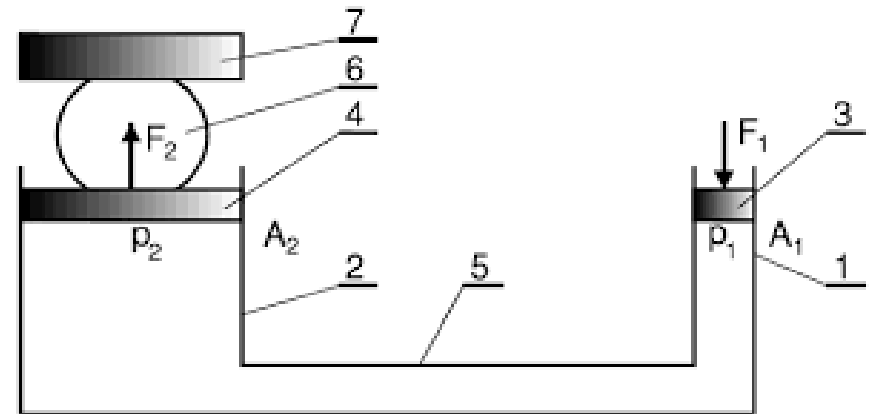
Princip rada hidrauličke prese je i osnovni princip rada hidrostatičkog prenosnika snage.

$$p = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

$$V = A_1 x_1 = A_2 x_2$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2} = \frac{x_1}{x_2}$$

$$F_2 = F_1 \frac{A_2}{A_1}$$



Koliko je puta površina manjeg klipa manja od površine većeg klipa, toliko će puta biti povećanje sile F_2 u odnosu na silu F_1 .

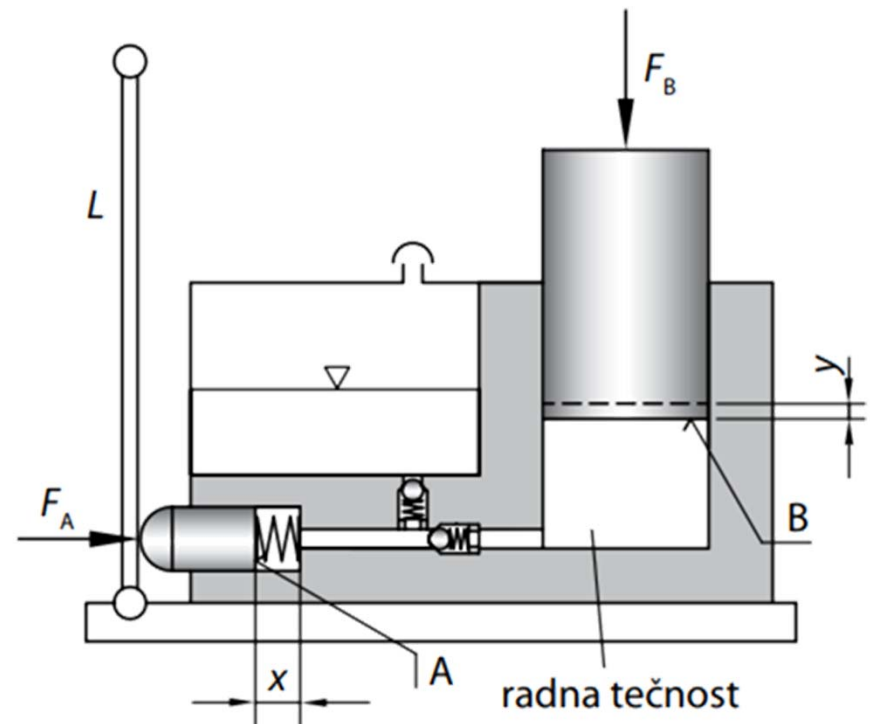
Zahvaljujući ravnomernom prenošenju pritiska, dobija se veća sila F i kraći hod x na klipu veće površine A , slično kao kod mehaničke poluge.

Princip rada hidrauličke dizalice



Dva cilindra sa pokretnim klipovima spojena su kanalima ispunjenim radnom tečnošću, preko jednosmernih ventila. Klip manjeg cilindra (aktivna površina klipa A) može se pomerati pod dejstvom spoljne sile F_A . Potrebna količina radne tečnosti nalazi se u rezervoaru iznad manjeg klipa.

Kad spoljna sila F_A deluje na manji klip, on se pomera udesno. U tečnosti nastaje pritisak p . Čelo klipa potiskuje tečnost kroz jednosmerni ventil u veći cilindar (aktivna površina klipa B). On se pomera nagore i generiše silu F_B .



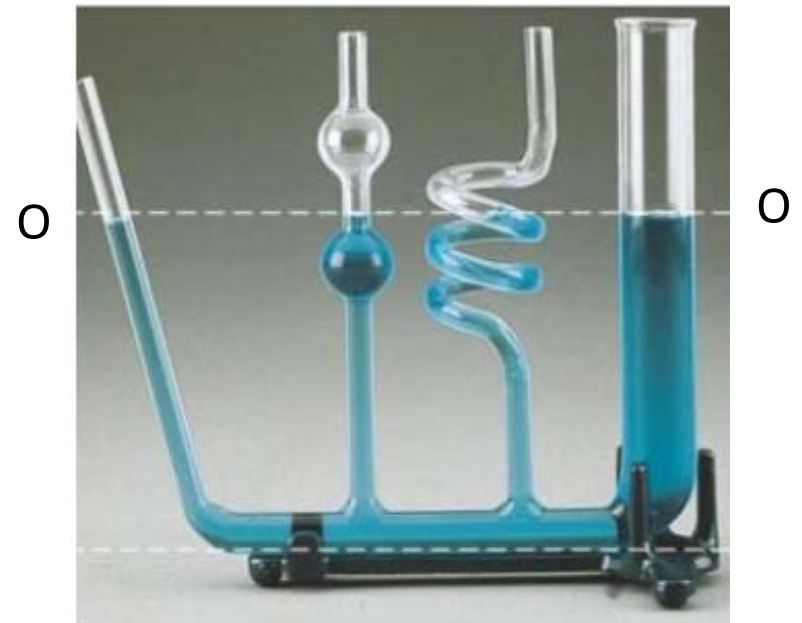
Zakon spojenih sudova (hidrostatički paradoks)



U spojenim sudovima koji su otvoreni tečnost stoji na istom nivou bez obzira na oblik suda. Ovo se može jednostavno objasniti time što u mirnoj tečnosti sile pritiska moraju biti u ravnoteži.

Pošto pritisak u tečnosti zavisi samo od visine h i gustine proizilazi da usled jednakosti pritiska na jednom horizontalnom nivou (O-O) i visine stubova tečnosti moraju biti iste.

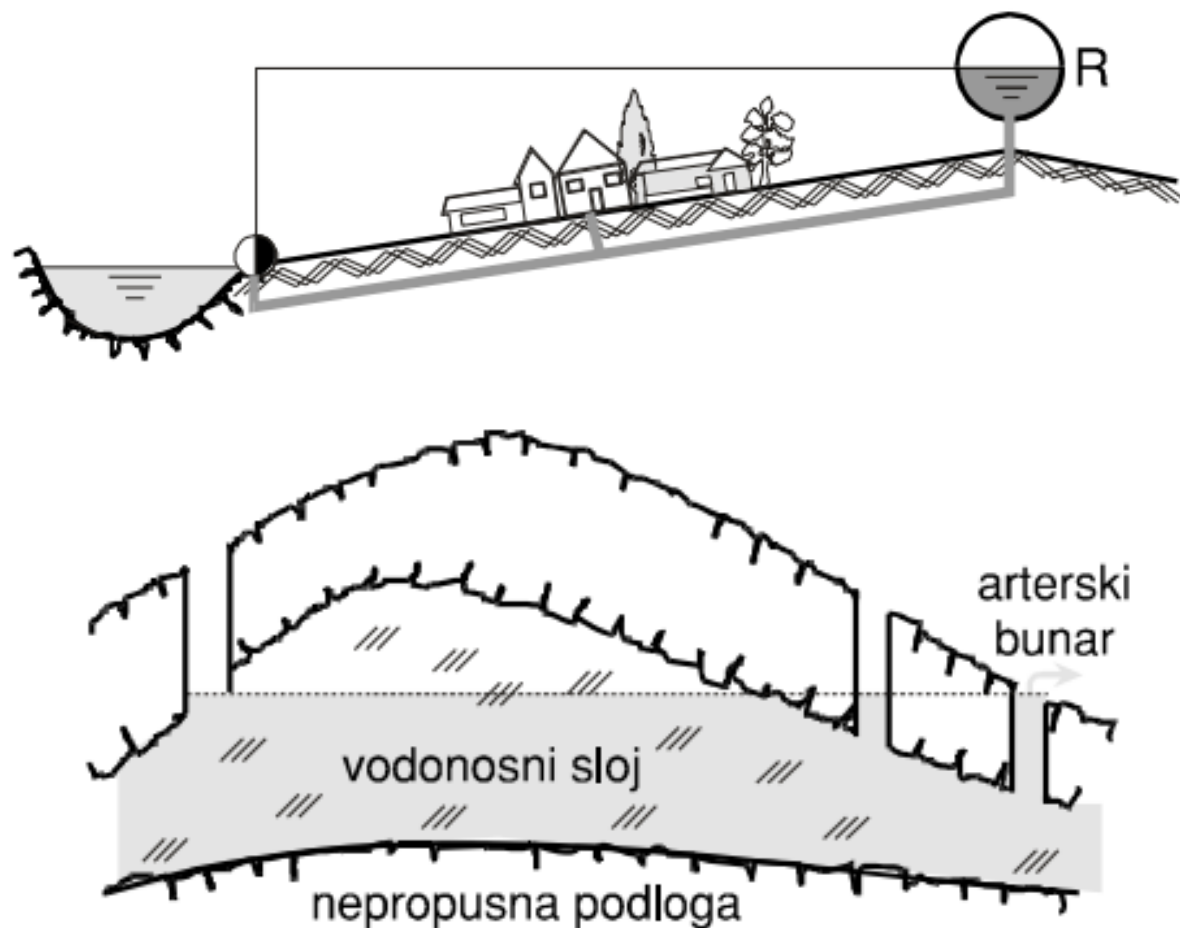
$$p = p_0 + \rho gh$$



Zakon spojenih sudova



Primeri za primenu zakona spojenih sudova u hidrotehnici su vodovod i arterski bunari.



Manometri



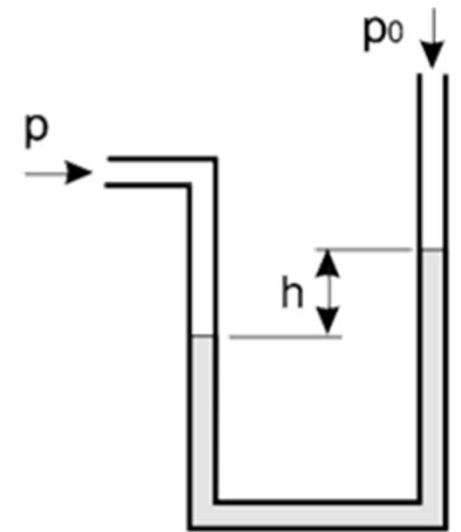
Manometri su sprave za merenje pritiska. Najprostiji manometri zasnovani su na merenju visine stuba tečnosti, s obzirom da je pritisak $p = \rho h$, odnosno proporcionalan visini stuba tečnosti.

Otvoreni manometar koji pokazuje razliku između atmosferskog pritiska p_0 i pritiska p u nekom sudu:

Jedan kraj U-cevi spojen je sa sudom u kome vlada pritisak koji se meri, a drugi je otvoren i u njemu vlada atmosferski pritisak. Ako su pritisci p i p_0 jednaki onda je po zakonu spojenih sudova tečnost na istom nivou u oba kraja cevi. Ako je pritisak p različit od atmosferskog, tečnost de se penjati u jedan kraj cevi dok se ne uspostavi ravnoteža.

Tada razlici pritiska $p - p_0$ drži ravnotežu pritisak stuba tečnosti:

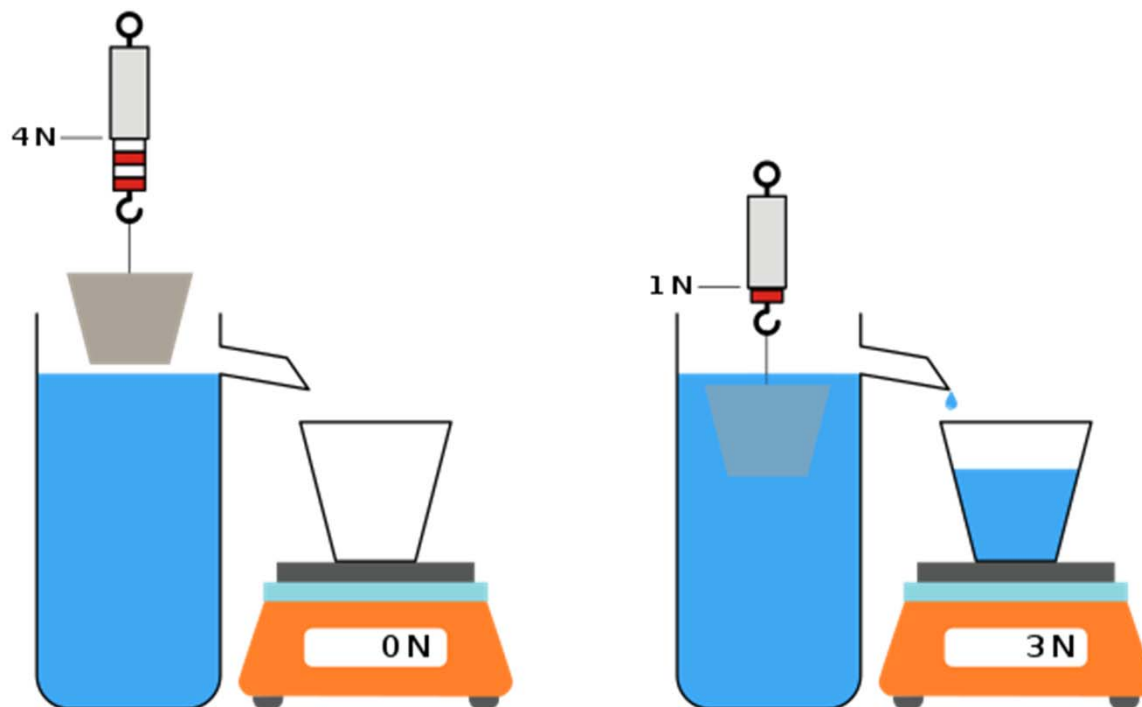
$$p - p_0 = \gamma h = \rho g h$$



Arhimedov zakon



Na telo potopljeno u tečnost deluje sila potiska jednaka težini istisnute zapremine tečnosti!

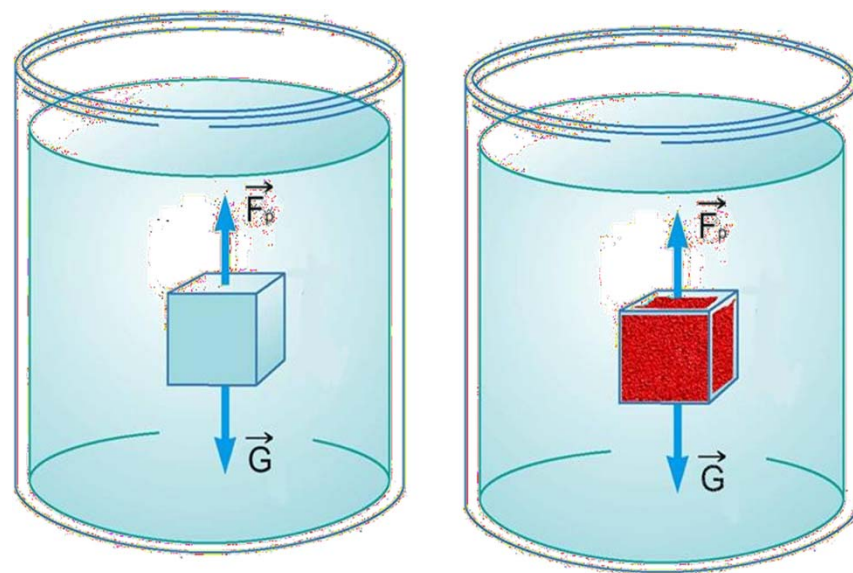


Arhimedov zakon



Sila pritiska F_p , koja deluje na telo naziva se **sila potiska**. Da bi se zadovoljio uslov ravnoteže, sila potiska mora biti jednaka težini G istisnute zapremine tečnosti.

Deo tečnosti gustine ρ , zapremine V može se posmatrati kao telo u ravnoteži, isto kao i čvrsto telo iste zapremine koje lebdi u tečnosti. Na oba deluje jednak hidrostatički pritisak.



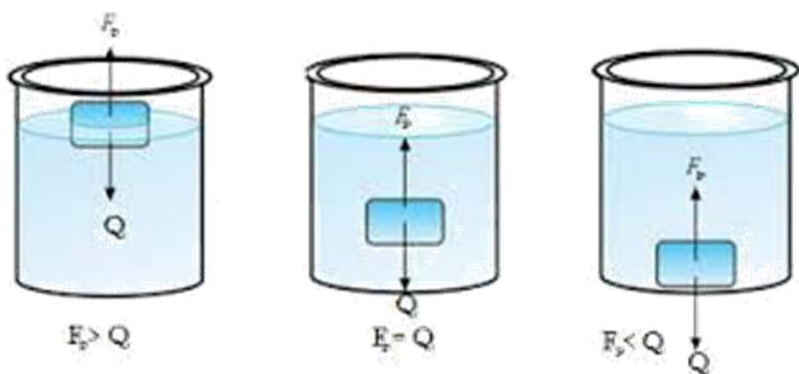
Arhimedov zakon



$$\sum F = F_p + F_s - G = 0$$

$$F_p = G - F_s$$

$$\rho_{\text{tečnosti}} g V = \rho_{\text{tela}} g V - F_s$$

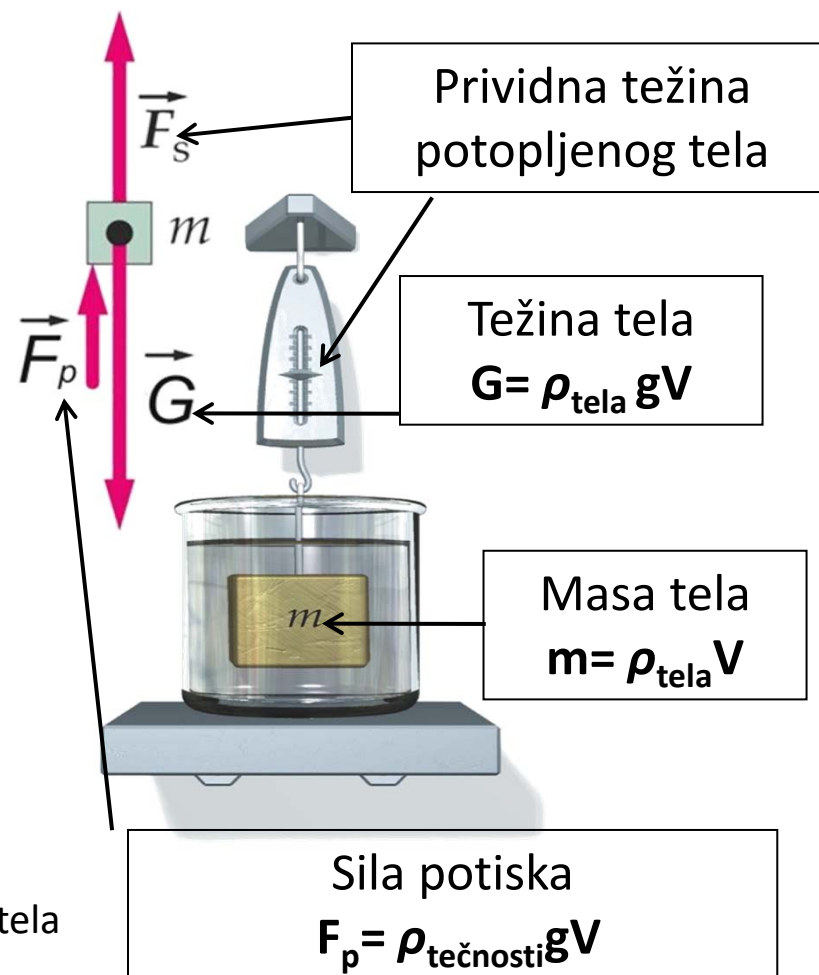


Prema tome telo:

Pliva, ako je $F_p > G$, odnosno $\rho_{\text{tečnosti}} > \rho_{\text{tela}}$

Lebdi, ako je $F_p = G$, odnosno $\rho_{\text{tečnosti}} = \rho_{\text{tela}}$

Tone, ako je $F_p < G$, odnosno $\rho_{\text{tečnosti}} < \rho_{\text{tela}}$



Osnovni parametri hidrauličkog sistema



Osnovni parametri hidrauličkog sistema su:

- pritisak i
- protok

Od pritiska zavisi izbor hidrauličkih komponenata sistema (pumpe, motora, ventila, cevovoda i dr.). Nivo pritiska u sistemu obično usvaja projektant sistema, pre svega u zavisnosti od toga kakvim hidrauličkim komponentama raspolaže, od zahteva u pogledu težine sistema i dr. U praksi se obično primenjuju pritisci do 350 bar. Jedinica za pritisak u SI sistemu jedinica je paskal ($\text{Pa}=\text{N}/\text{m}^2$).

Protok je drugi osnovni parametar hidrauličkog sistema, od koga takođe zavisi izbor pumpe, motora, prečnika cevovoda i dimenzije ostalih komponenata sistema. Jedinica zapreminskog protoka u SI sistemu jedinica je kubni metar u sekundi (m^3/s). Manje jedinice pogodne za praktičnu primenu su litar u sekundi (l/s), litar u minuti (l/min) i kubni centimetar u sekundi (cm^3/s)

Sila i brzina, dve važne fizičke veličine koje karakterišu hidraulički sistem, direktno zavise od pritiska i protoka.