

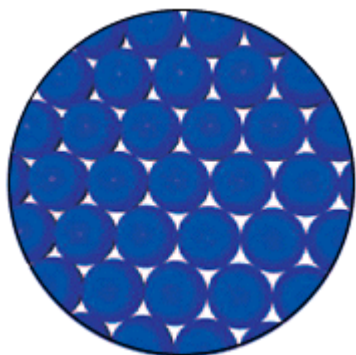
MEHANIKA FLUIDA

Stanje materije:

- Čvrsto-konačan oblik i zapremina
(amorfna i kristalna forma)
- Tečno-konačna zapremina a oblik
suda u kom se nalazi
 - Gasovito zauzima i oblik i
zapreminu suda u kom se nalazi

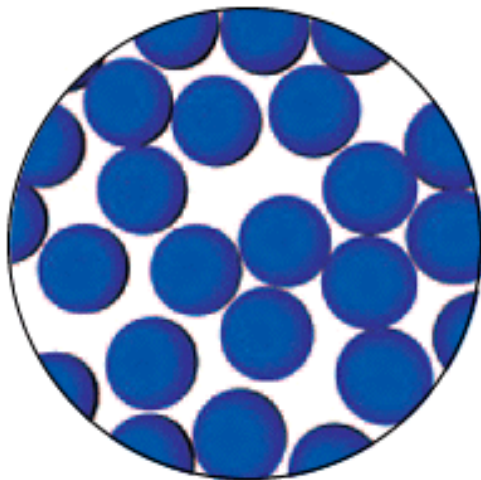
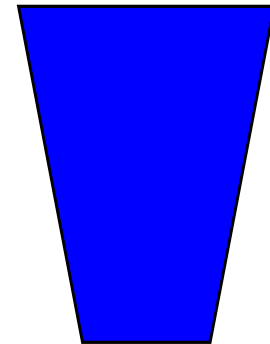
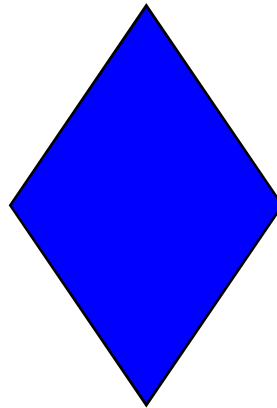
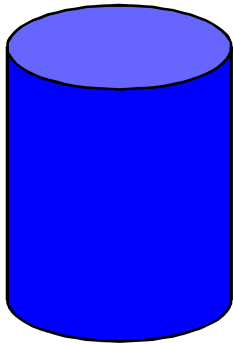
Čvrsto stanje

- Konačan oblik
- Konačna zapremina
- Čestice vibriraju u fiksnim pozicijama
- Čestice imaju malu kinetičku energiju



Tečnosti nemaju sopstveni oblik

- Čestice imaju srednju kinetičku energiju



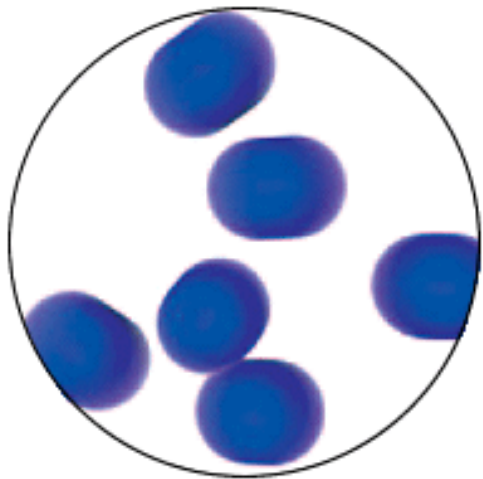
- Gasovi

- Promenljiv oblik

- Promenljivu zapreminu (popunjavaju sav prostor u zatvorenom sudu)

- Čestice se kreću slobodno

- Čestice imaju veliku kinetičku energiju



FLUIDI

I: Fluid je stanje materije u kome su atomi i molekuli slobodni da se kreću jedan pored drugoga kao što je npr., u gasovima i tečnostima.

III: Fluid je materijal koji ne može da se odupre naponu na smicanje.

Primer: gasovi i tečnosti



II: Fluid je materijal koji se deformise pod uticajem sile ma koliko ona bila mala.

IV: Fluid Fluidi su kolekcija slučajno aranžiranih molekula koji se drže zajedno sa slabim kohezionim silama. (Suprotno od kristala (čvrsto stanje) koji su organizovani pravilno u rešetci)



OSOBI NE FLUIDA

Gustina:

Gustina ρ = masa/jedinici zapremine

Dimenzija: $\dim \rho = M.L^{-3}$ Jedinica: $[\rho] = \text{kg/m}^3$

Na primer:

Aluminijum: 2700 kg/m^3

Olovo: 11300 kg/m^3

Voda: 998 kg/m^3

Krv: 1006 kg/m^3

Gustina materije zavisi od:

- **Atomske mase** od individualnih atoma
- Koliko su gusto atomi pakovani

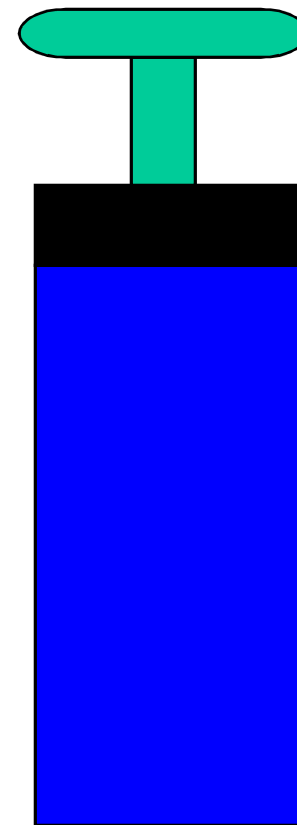
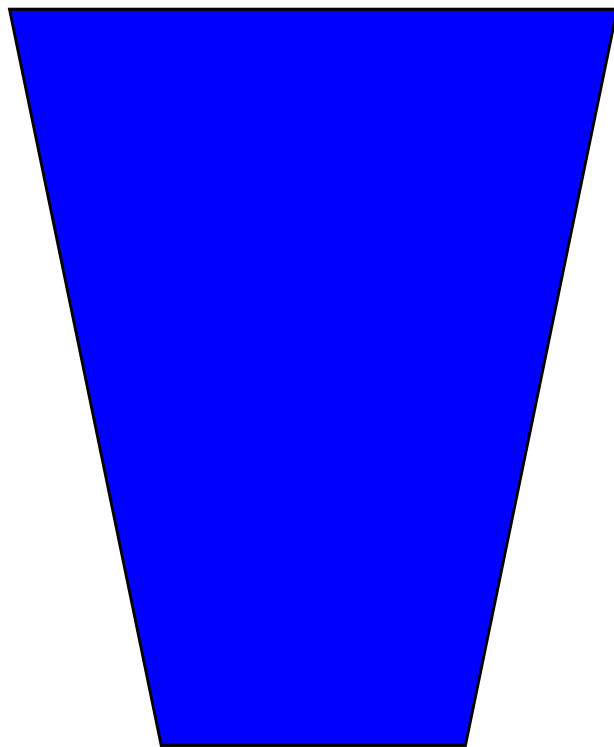
Specifična težina: $\sigma = \rho \cdot g$

Stišljivost i nestišljivost

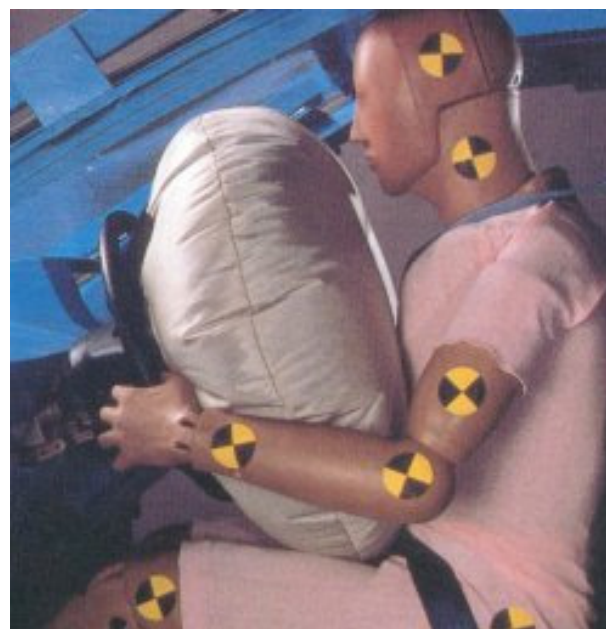
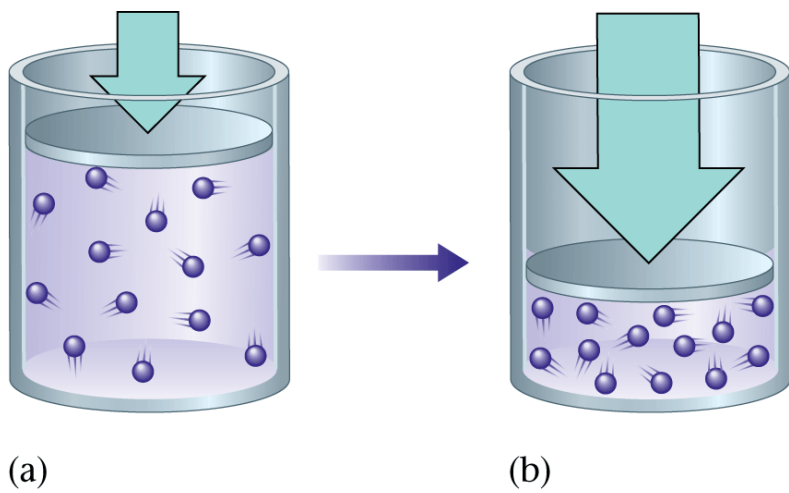
(gasovi)

(tečnosti)

Tečnosti su praktično nestišljive



Osobine gasova



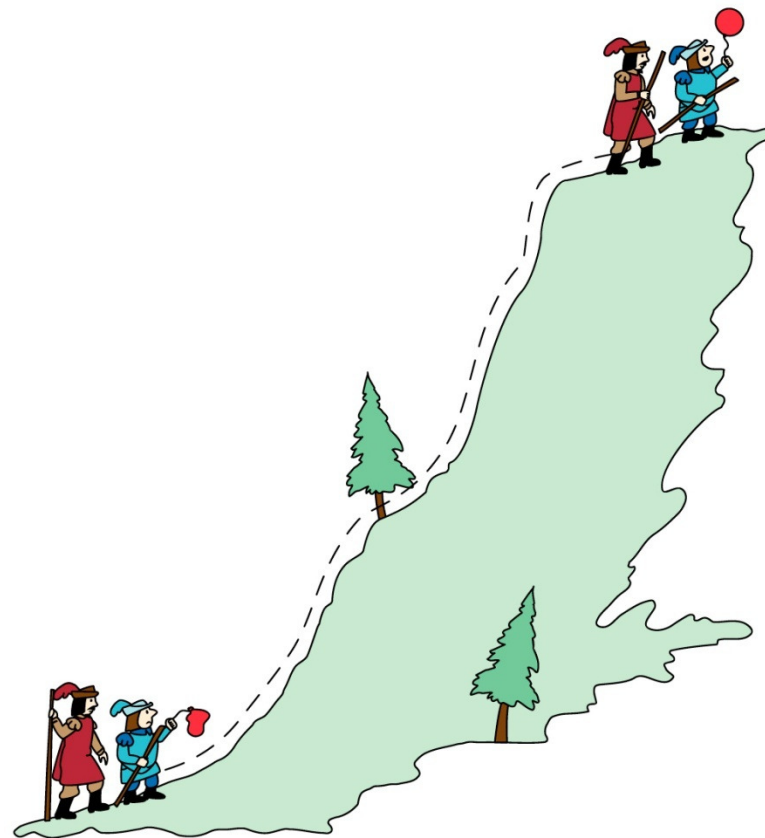
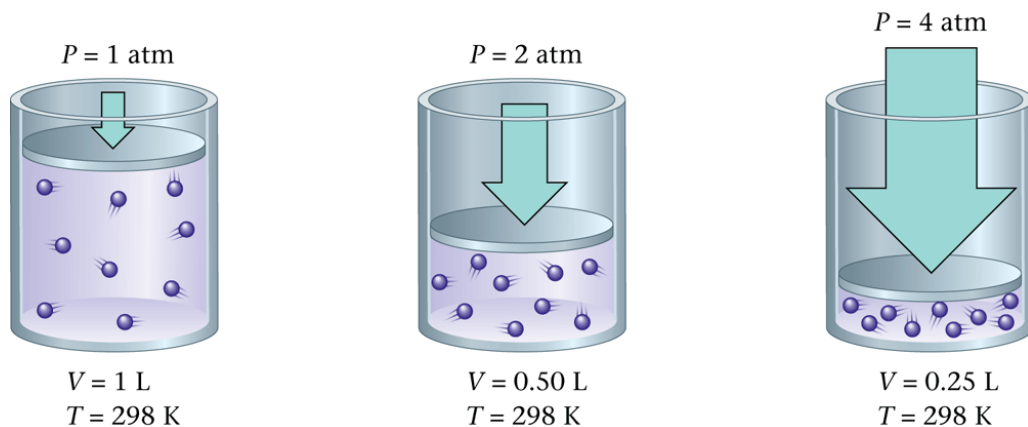
Balon koji nije potpuno napumpan na nivou mora se širi kada se penjemo uz planinu.

Atmosferski pritisak se menja sa nadmorskom visinom.

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

Bojl-Mariotov zakon

Temperatura konstantna



Zakon idealnih gasova

$$PV = nRT$$

n-broj molova

$$R = 8.31 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$$

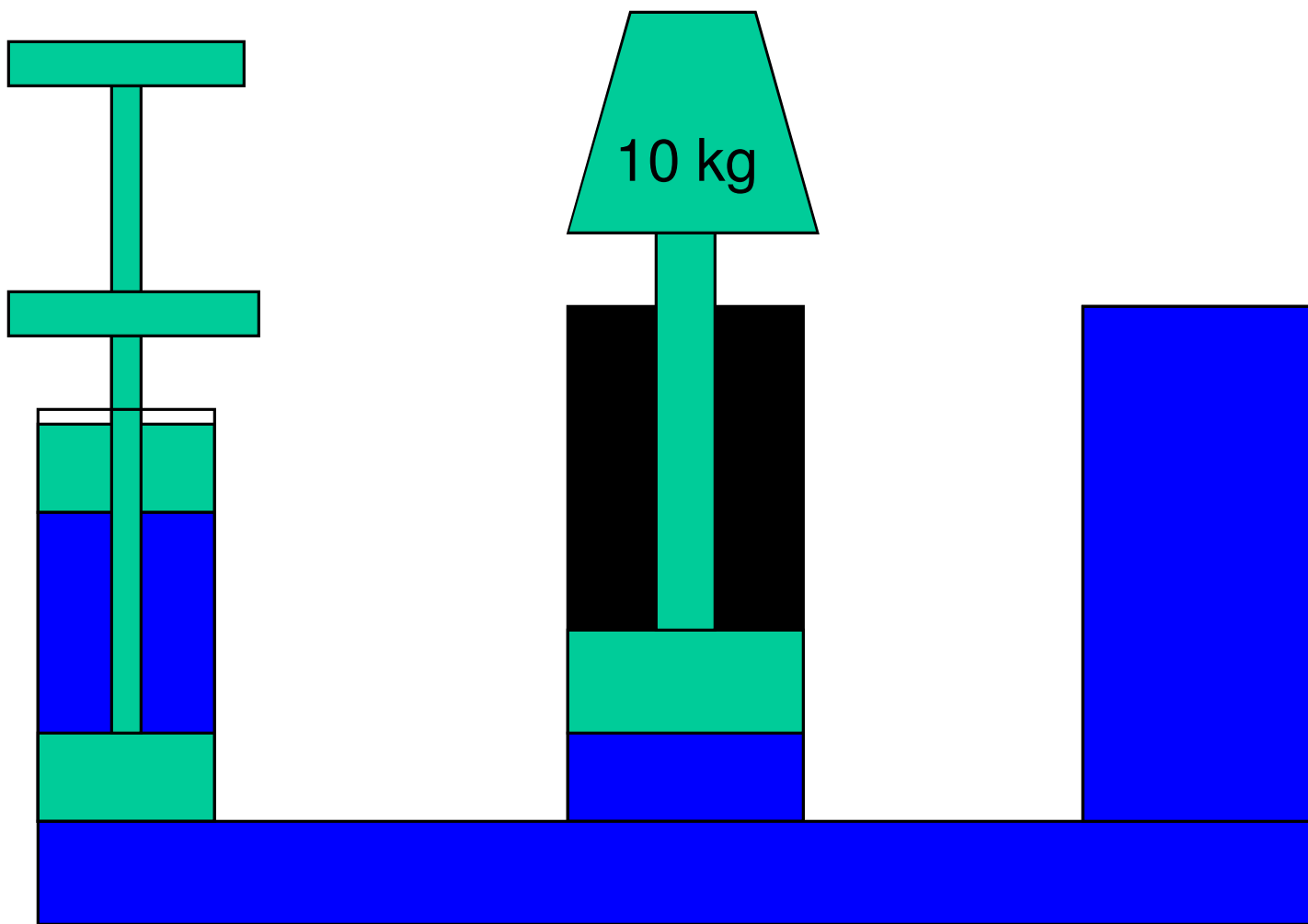
$$N_{av} = 6.02 \times 10^{23}$$



Koji put tečnosti pod pritiskom
prate?

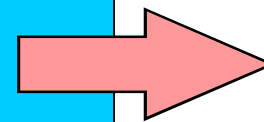
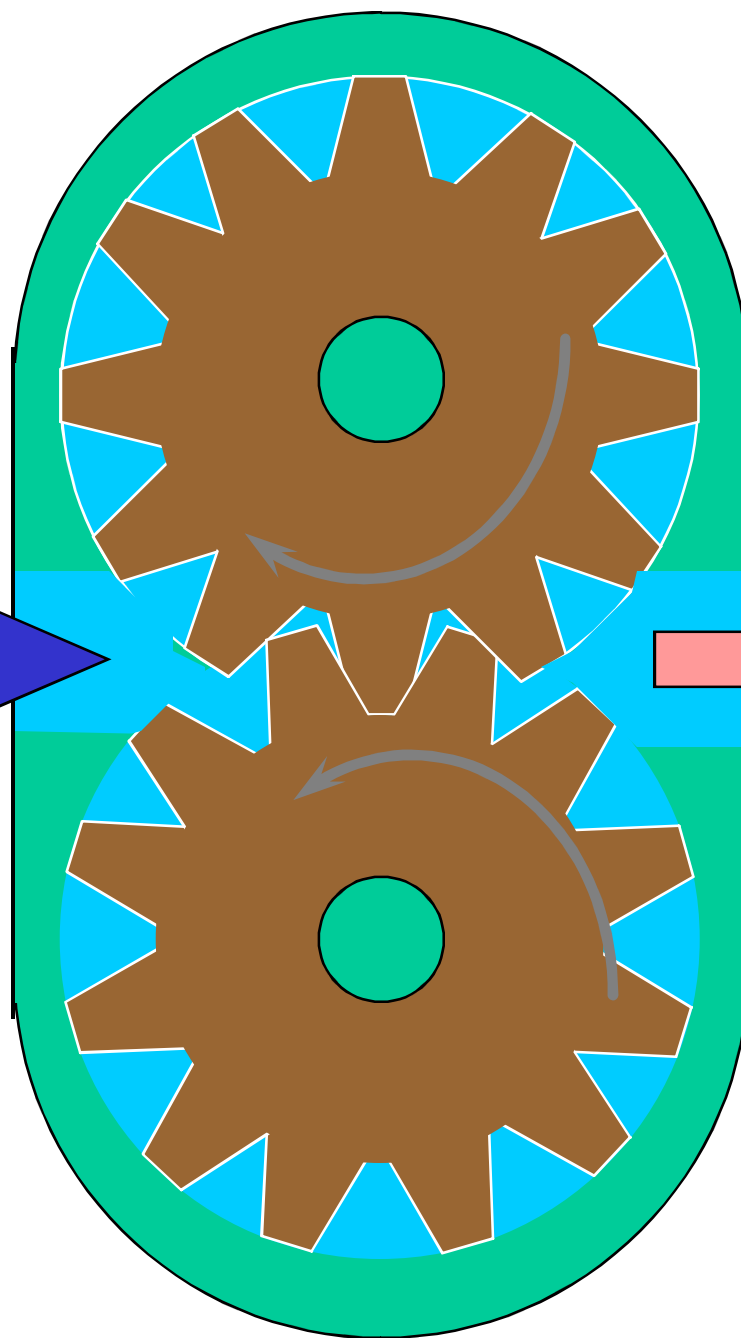
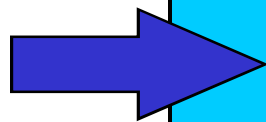
Put najmanjeg otpora

Put najmanjeg otpora



Pumpa

In



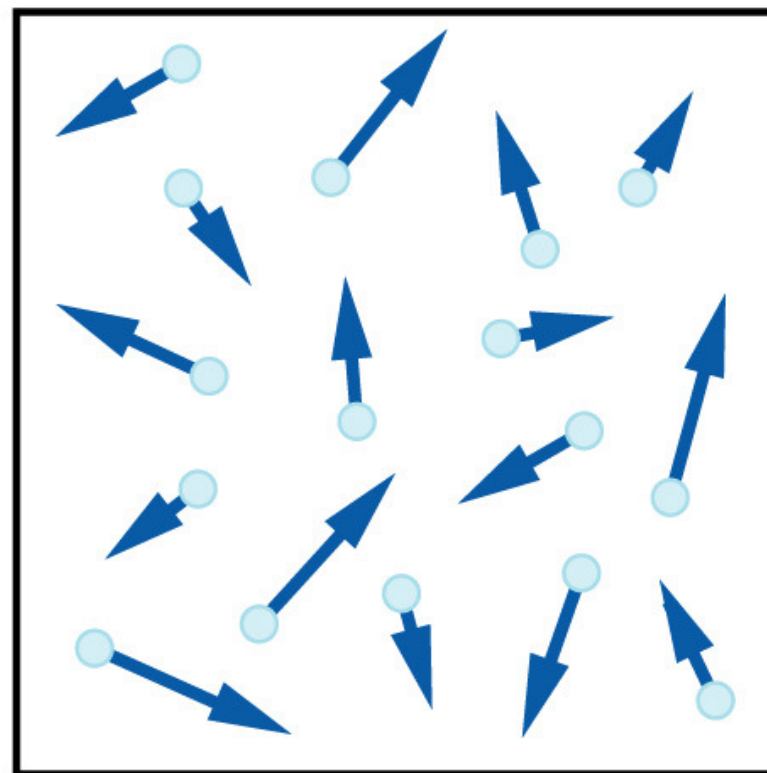
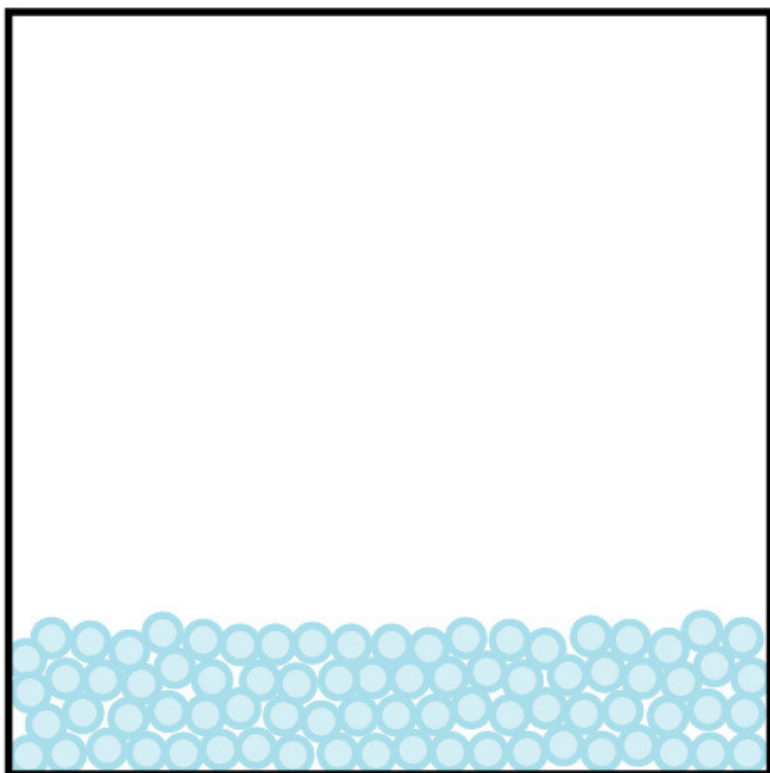
Out

Atomi tečnosti su gusto pakovani dok su atomi gasova razdvojeni na veće distance.

Gas ima gustinu $\sim 1/1000$ x gustina tečnosti

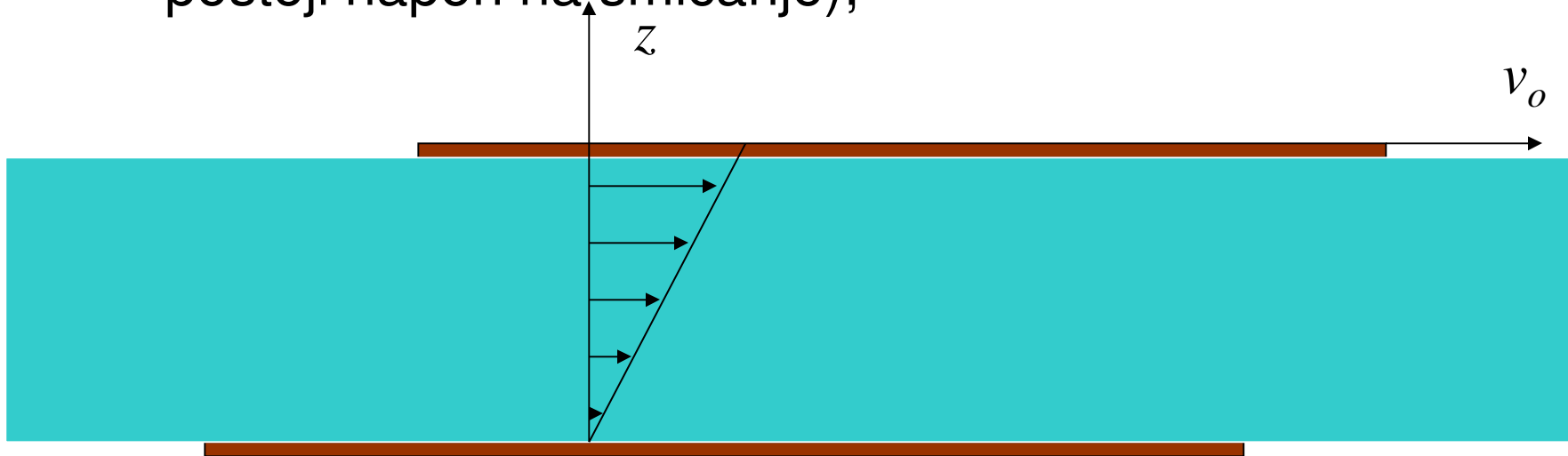
tečnost

Gas



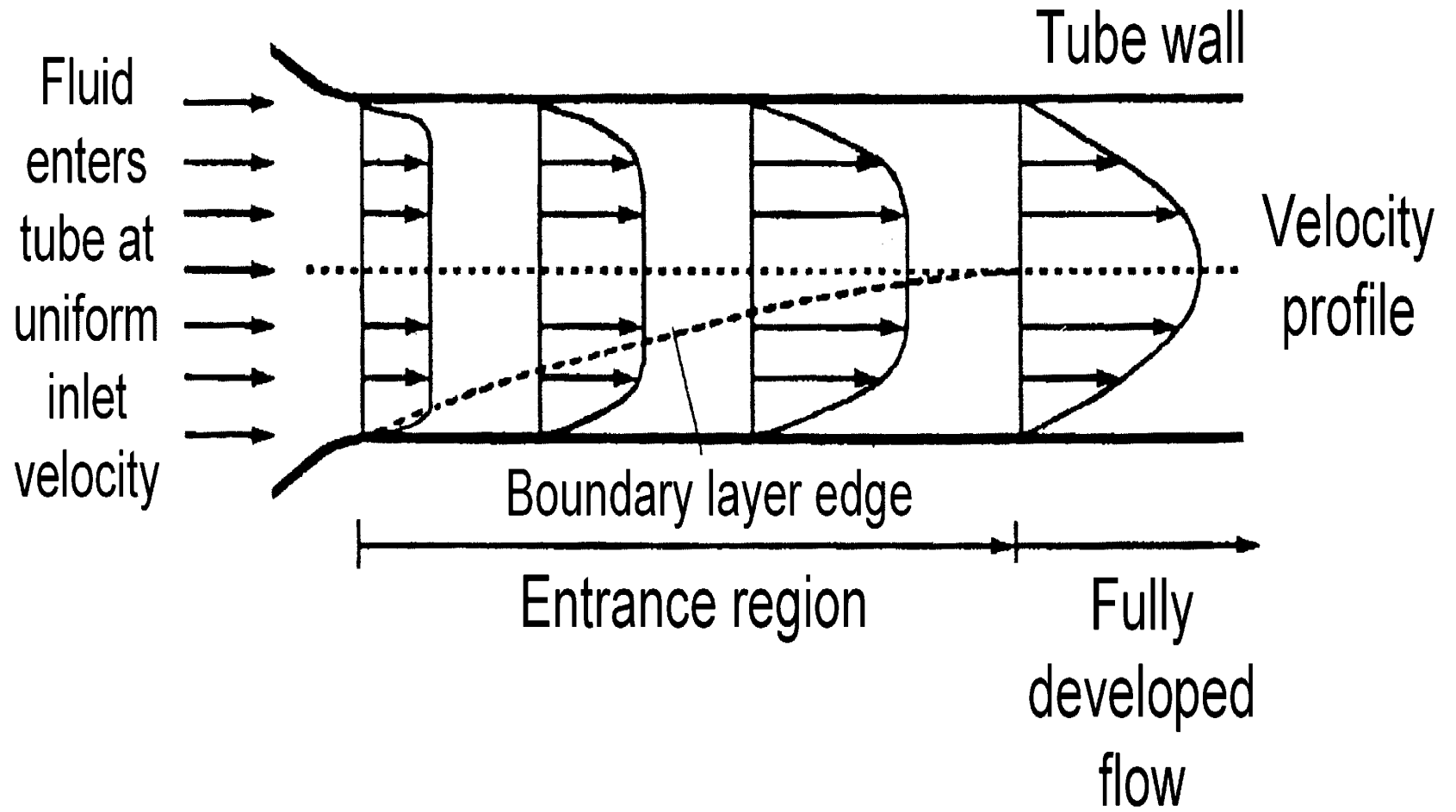
Viskoznost:

- Viskoznost (η): mera unutrašnje otpornosti fluida kada se se neki slojevi kreću različitim brzinama (kada postoji napon na smicanje);



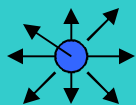
$$F_{tr} = \eta \cdot dv/dz \cdot S$$

Primer velike i male viskoznosti: med i voda

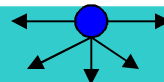


Površinski napon

- Površinski napon je rezultat kohezivnih (privlačnih) sila između molekula (slobodna površina tečnosti teži da je minimalna)
- Sile površinskog napona su odgovorne za formiranje mehurića i kapljica.



$$F=0$$

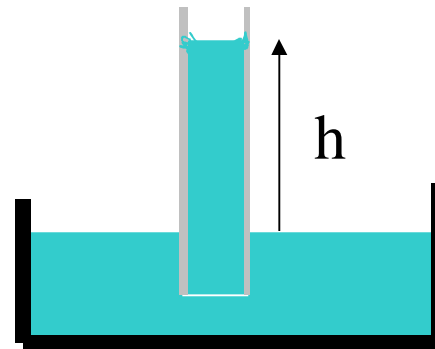
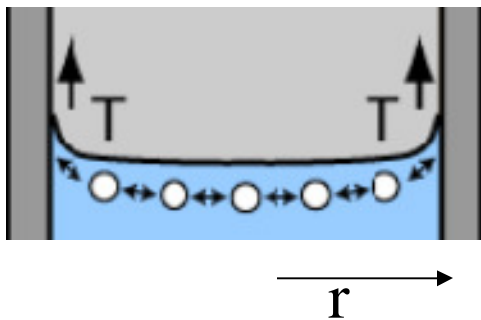


F je različito od nule

Kapilarnost

- Kapilarnost je uzrokovana površinskim naponom između fluida, vazduha (ili drugog fluida) i čvrstim površinama (adhezija)

$$F_{\text{nagore}} = T \cdot 2r \pi$$



T je površinski napon i tečnost će se peti uz kapilaru dok se težina tečnosti u stubu kapilare ne izjednači sa silama površinskog napona.

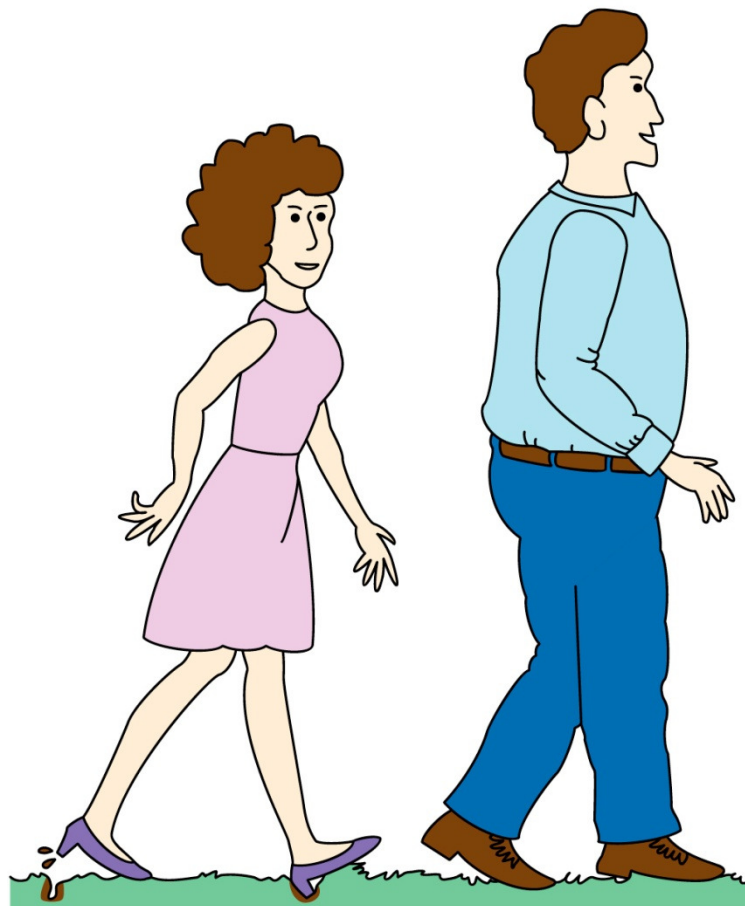
$$T \cdot 2r \pi = \rho \cdot g \cdot (h \cdot \pi r^2)$$

$$h = 2T / (\rho \cdot r \cdot g)$$

Sledi zaključak: uz užu kapilaru tečnost će se popeti na veću visinu.

Ženska štikla propada kroz mekano zemljište a veća obuća kod mnogo većeg čoveka ne propada.

Pritisak = sila/površina



Pritisak

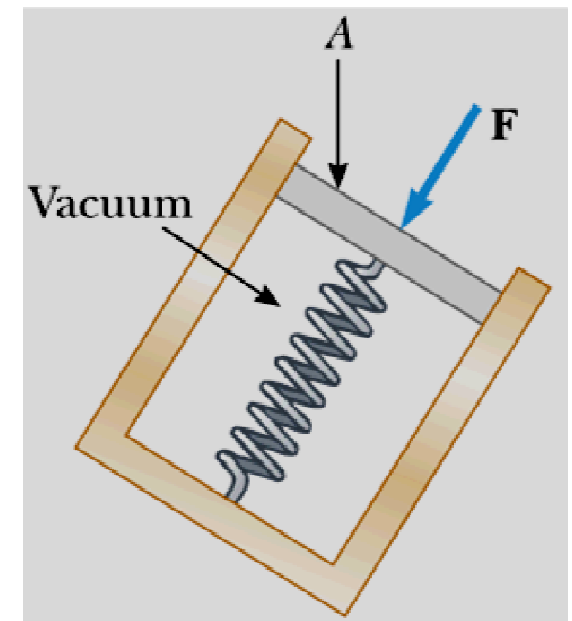
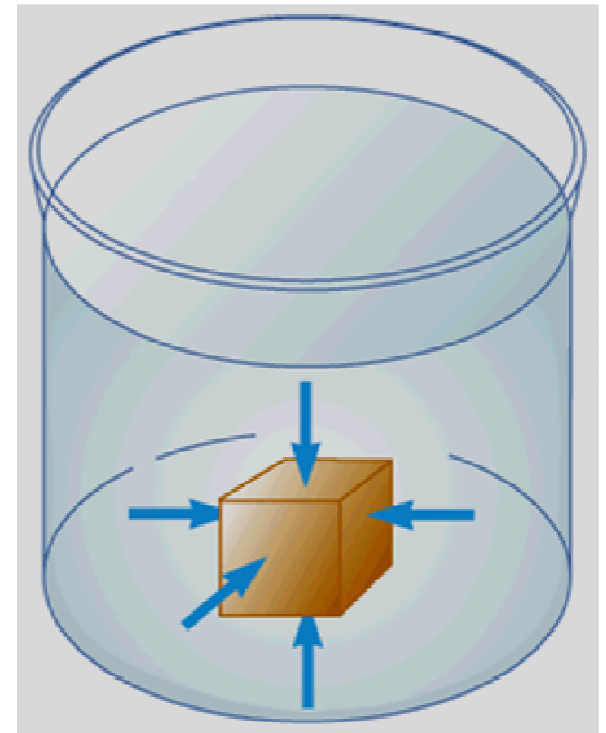
$$P \equiv \frac{F}{A}$$

F... sila

A...
povrsina

Jedinica za pritisak:

1 Paskal; $1\text{Pa} = 1\text{ N/m}^2$



Pritisak

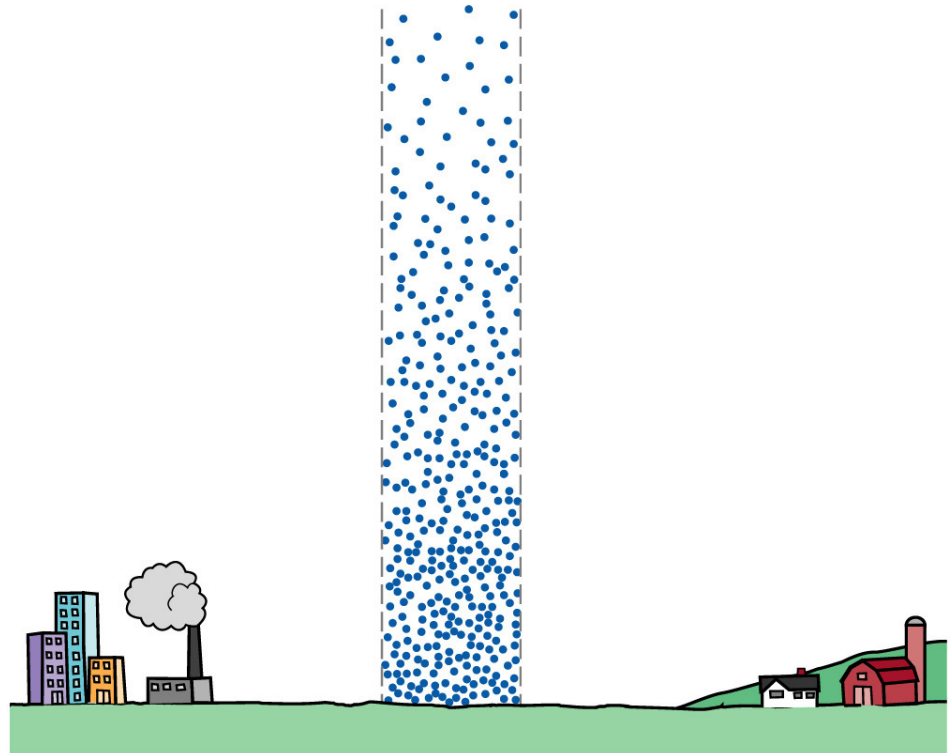
Atmosferski pritisak na nivou mora je oko $1,01 \cdot 10^5 \text{Pa}$

To daje drugu jedinicu za pritisak (koja nije iz SI sistema) tzv. “atmosfera”

$$1 \text{ atm} = 1,05 \cdot 10^5 \text{Pa}$$

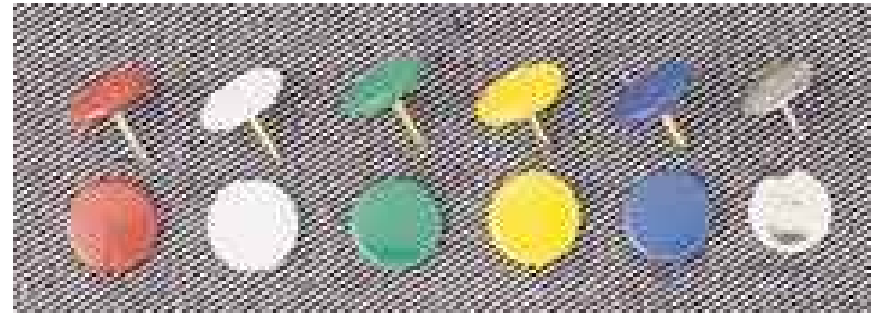
Tačnije

$$1 \text{ atm} = 101\,325 \text{Pa}$$



Primer

Pritisak



Vi pritiskate palcem čiodu okruglog oblika radijusa 5mm na svoj dlan, silom od 10 N.

Vrh čiode ima radijus 0.1mm.

- (a) Koju silu oseća vas palac a koju vaš dlan?
- (b) Koliki je pritisak na čiodi a koliki na dlanu?

Paskalov zakon

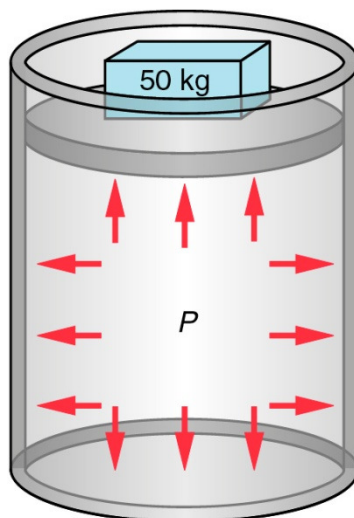
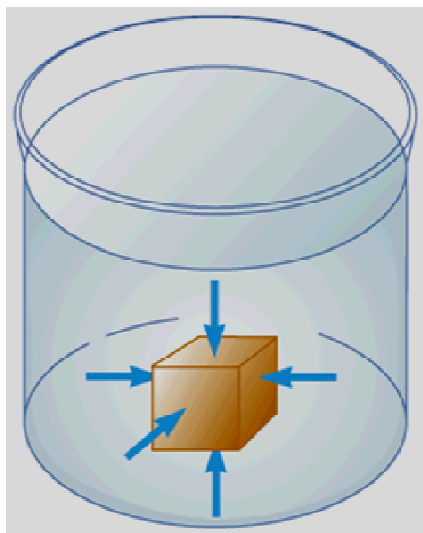
* **Pritisak** je **normalna** sila po jedinici površine.

Blaise Pascal (1623-1662)



Paskalov zakon: Promena pritiska primenjena na fluid se prenosi neoslabljena na svaku tačku fluida i na zidove kontejnera.

Pritisak na cilindru se širi uniformno kroz fluid, uzrokujući da on gura sa istom silom po jedinici površine zidove i dno cilindra.

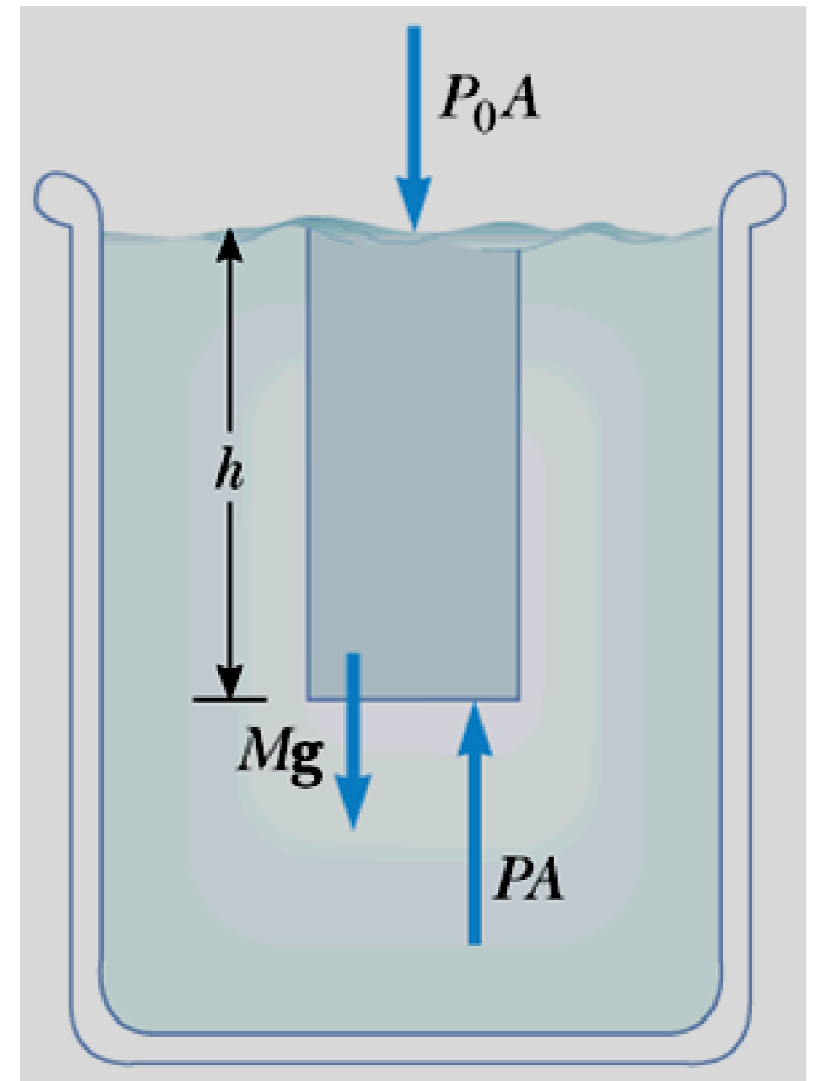


Varijacija pritiska sa dubinom

$$P = P_0 + \rho \cdot g \cdot h$$

Pritisak P na dubini h ispod površine tečnosti koja je otvorena atmosferskom pritisku je *veći* od atmosferskog pritiska za $\rho \cdot g \cdot h$

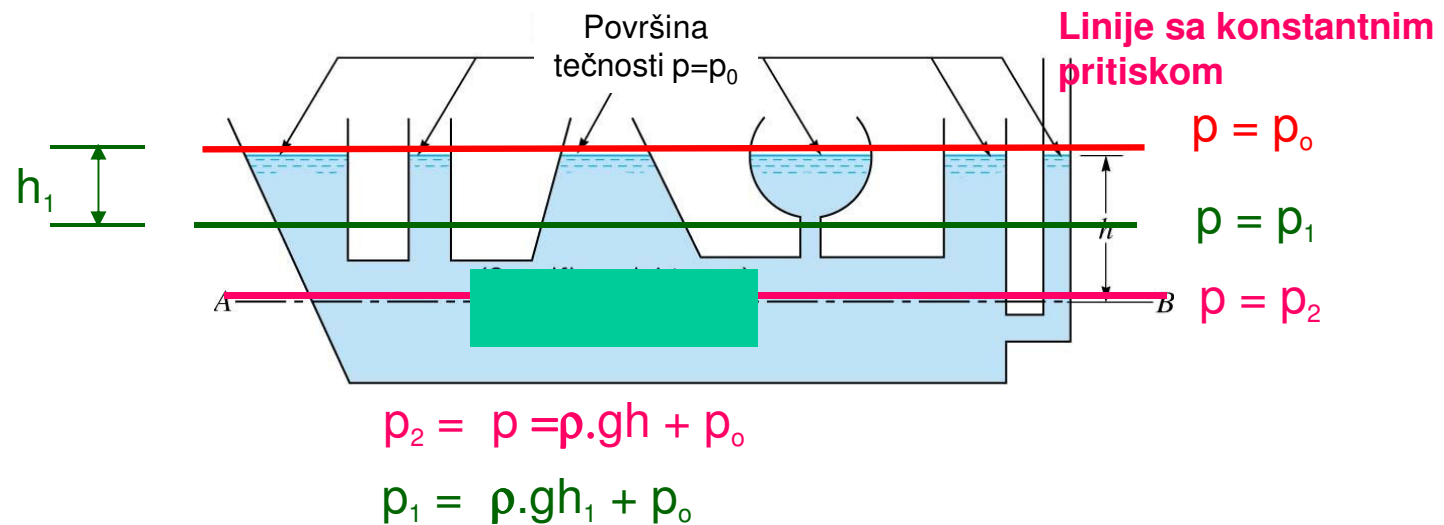
ρ ... gustina fluida



Zasto? Dodatni pritisak odgovara težini fluida u stubu visine h i jedinične osnove. $Q=Mg=\rho \cdot V \cdot g = \rho \cdot A \cdot h \cdot g$ i ako je površina A jedinična tada dobijamo $P=Q = \rho \cdot g \cdot h$

Nestišljivi fluidi

Pritisak zavisi od dubine i nema uticaj oblik suda-princip spojenih sudova .



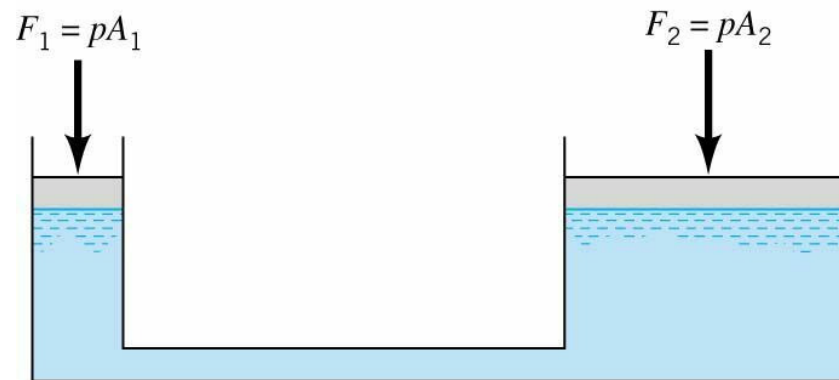
Mehanička prednost

- Idealna mehanička prednost (IMP)
 - Nema gubitaka usled trenja
 - Računa se kao odnos izlazne u ulazne sile

$$IMA = \frac{F_{output}}{F_{input}}$$

- Realna mehanička prednost (RMP)
 - je uvek manja od idealne
 - Teško se računa

Primena hidrostatičke: **Prenos fluidnog pritiska**

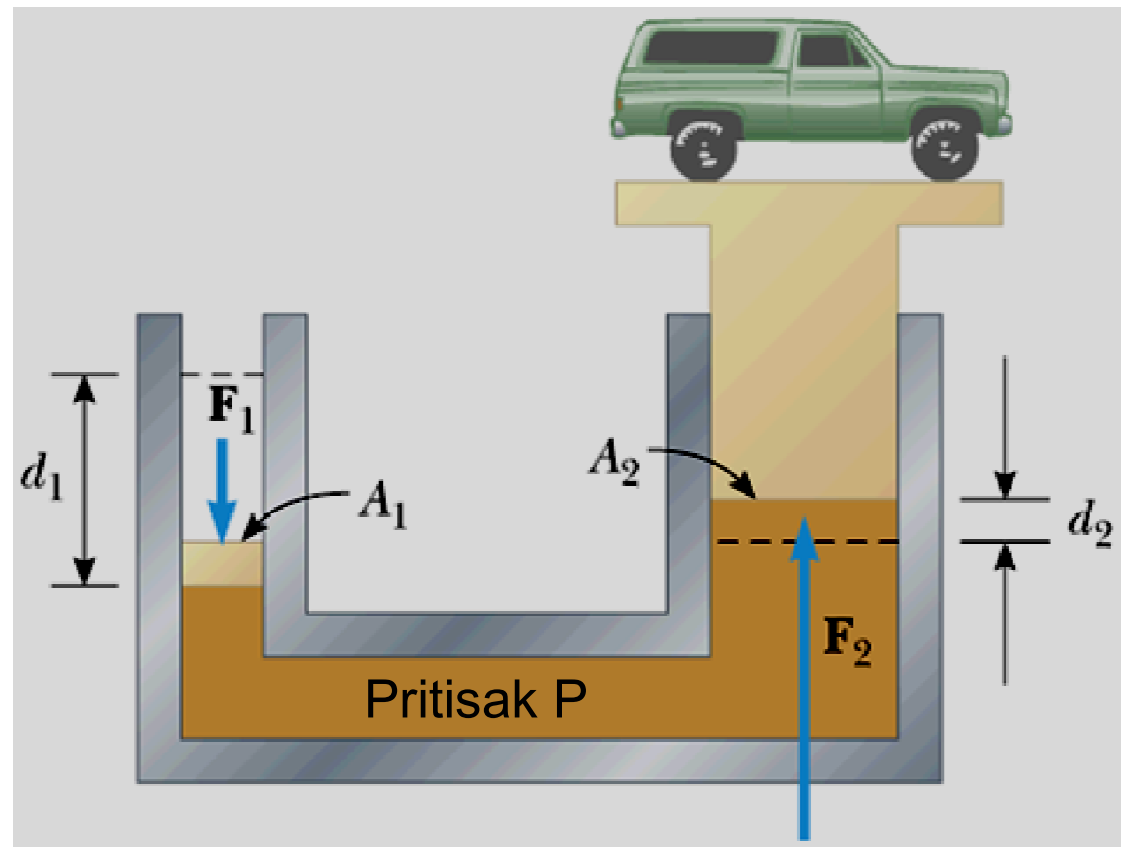


- Mehanička prednost se dobija sa jednakosću pritisaka;
- Mala sila na malom klipu se koristi za dobijanje velike sile na velikom klipu;
- To je princip hidrauličnih kočnica, presa i liftova.
- Mehanička sila se primenjuje npr., kompresijom vazduha

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

Hidraulična presa

Primena Paskalovog zakona

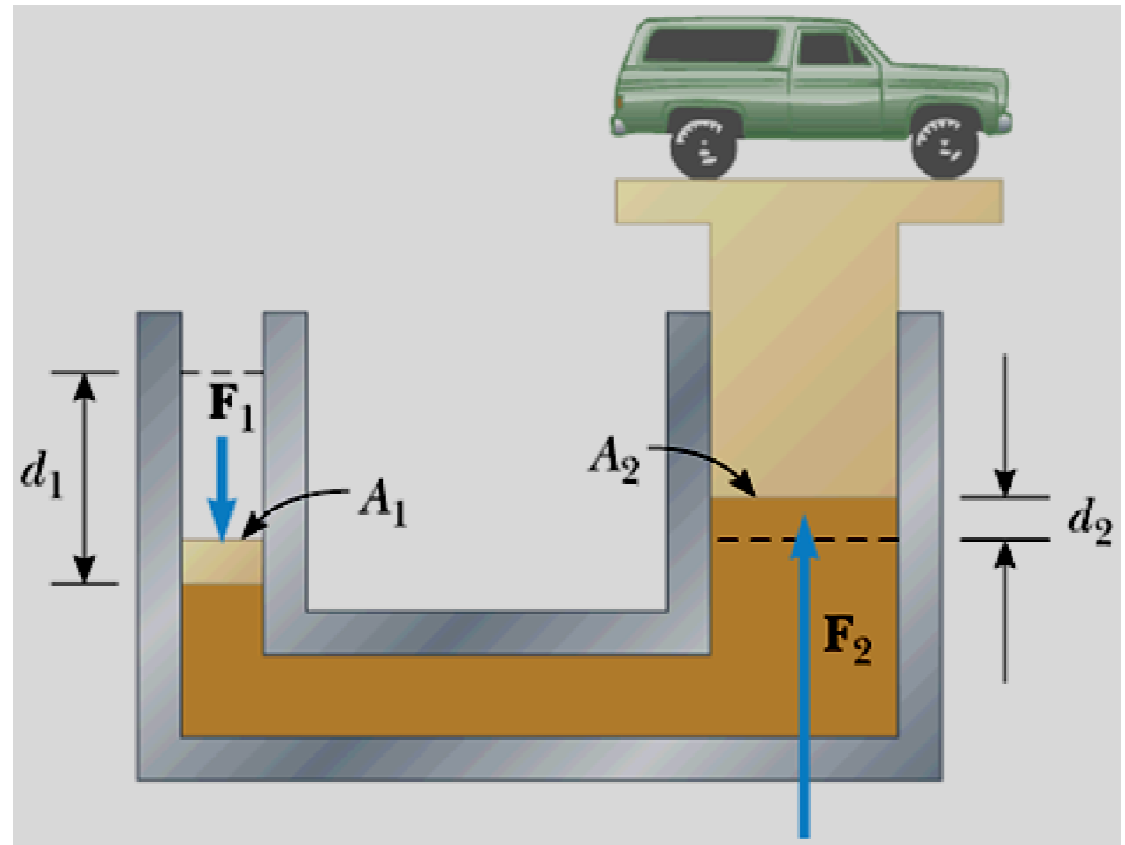


- Sila F_1 dejstvuje na površinu A_1
- Pritisci P u stubovima su: $P = F_1/A_1 = F_2/A_2$
- Sila F_2 na površini A_2 je veća od F_1 za faktor A_2/A_1 !!

Primer

Hidraulična presa

Klip hidraulične dizalice ima površinu 3 cm^2 , a veći klip površinu 200 cm^2 .



- (a) Koja sila se mora primeniti na mali klip da bi se podigao auto težine 15 kN ?
- (b) Može li vaše telo težine (600 N) obezbediti tu silu?

Primer

Pritisak na vratima
podmornice



Članovi posade pokušavaju da izađu iz oštećene podmornice na dubini od 100 m.

Kolika se sila mora primeniti na otvaranje vrata na toj dubini, čije su dimenzija 1.2 m sa 0.6 m?

(Pretpostaviti da je iznutra atmosferski pritisak o da je gustina morske vode $\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$).



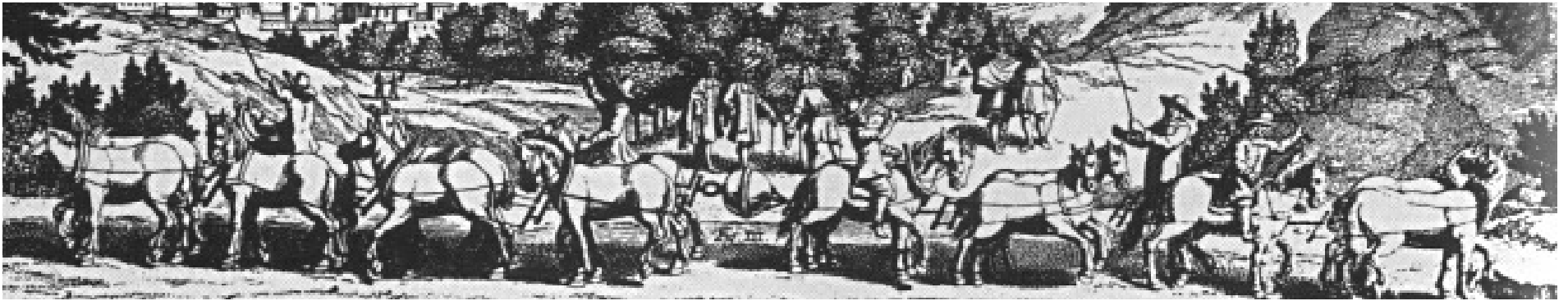
Otto Von Guericke (1602-1686) 83



On je bio gradonačelnik Magdeburga u Nemačkoj od 1646 do 1676.

1650 je izmislio pumpu sa klipom i cilindrom sa preklopnikom u dva smera koji ispumpava vazduh kada je sud spojen sa njom.





Primer

Magdeburška sfera

1654 godine, Otto von Guericke je dao građanima Magdeburga izuzetnu lekciju o sili atmosferskog pritiska. On je napravio dve šuplje polu-lopte, dijametra (0.5m) tako da, kada se sastave, čine jednu loptu iz koje je ispumpao vazduh. Tada je uzeo 16 konja, po 8 sa svake strane, da vuku i razdvoje polu-lopte. Konji su vukli i vukli....ali... Ako je atmosferski pritisak $1.0 \cdot 10^5$ Pa, koja sila je potrebna za razdvajanje polu-lopti?

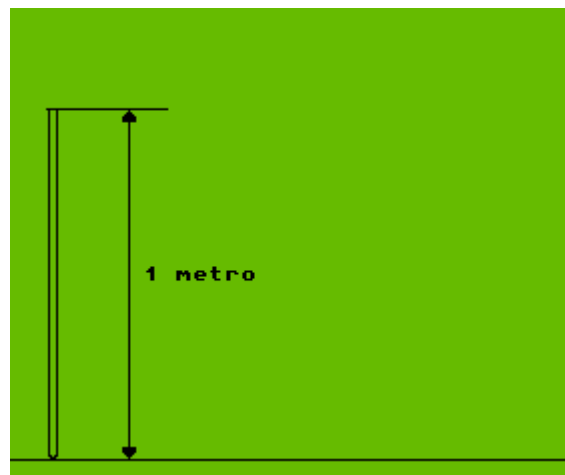
Merenje atmosferskog pritiska: **Barometar**

Prvi živin barometar je konstruisao 1643-1644 **Torricelli**. On je pokazao da je visina živinog stuba 1/14 od visine vodenog barometra, zbog cinjenice da je živa oko 14 (13.6) puta gušća od vode. Takođe je primetio da nivo žive varira iz dana u dan sa promenom vremena i da je u vrhu cevi vakumm .

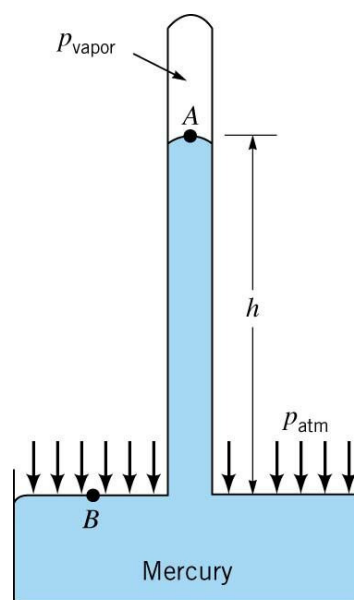
Evangelista Torricelli
(1608-1647)



Animacija eksperimenta:



Šema:



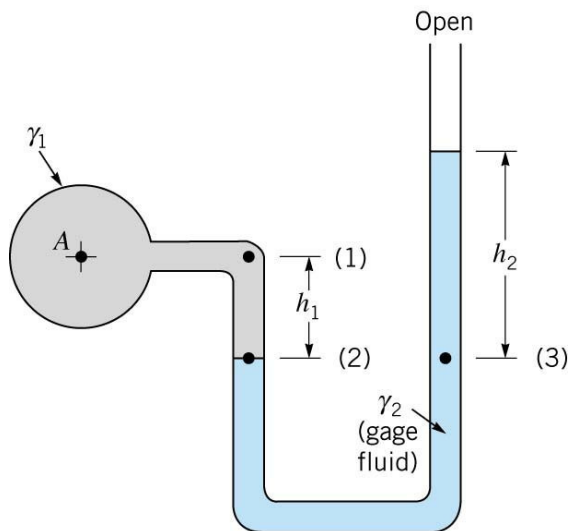
Merenje pritiska : **Manometri**

Manometar je standardni uređaj za merenje pritiska koristeći vertikalni stub tečnosti u nekoj cevi.

Primer:

U-cev Manometar

Pritisak u sudu je: $p_A = p_0 + \rho \cdot g \cdot h_2$



Notiratie: u istom fluidu mi možemo “preskociti” sa 2 na 3 pošto su na istom nivou I prema tome moraju imati isti pritisak.

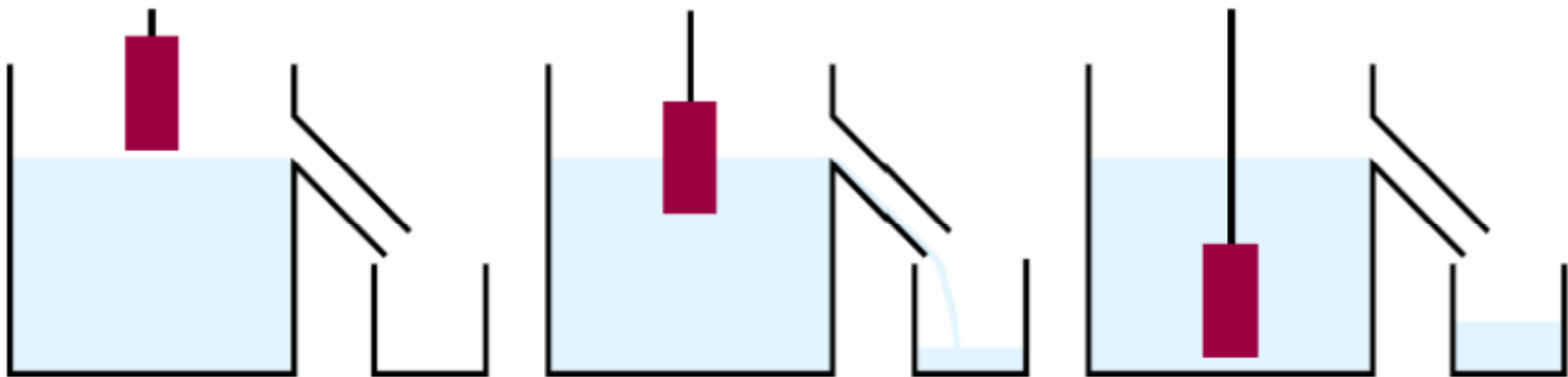
Hidrostatika

Hidrostatiku je proučavao još Arhimed (~250 BC),

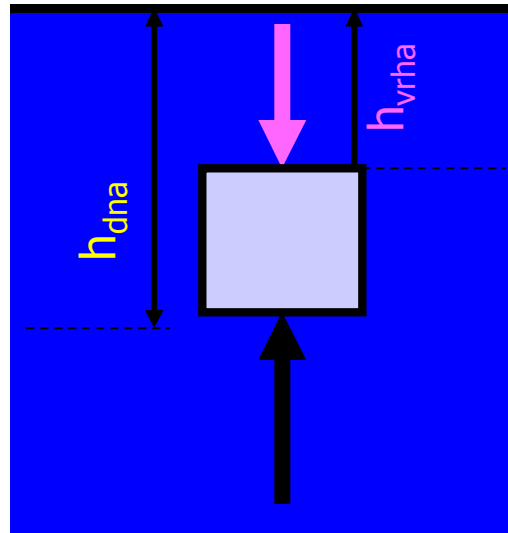
Arhimedov princip: Na telo u fluidu deluje sila potiska koja je jednaka težini istisnute tečnosti. Ona je usmerena naviše i omogućuje telima da plutaju u fluidu.

Šta to znači?

$$F_p = Q_{\text{istisnute tečnosti}} = m_f \cdot g$$

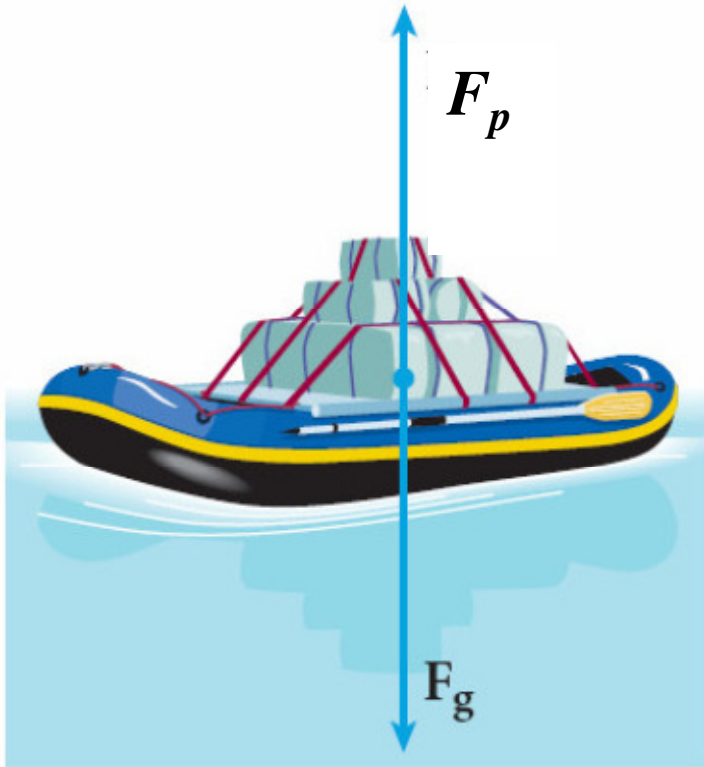


Potisak



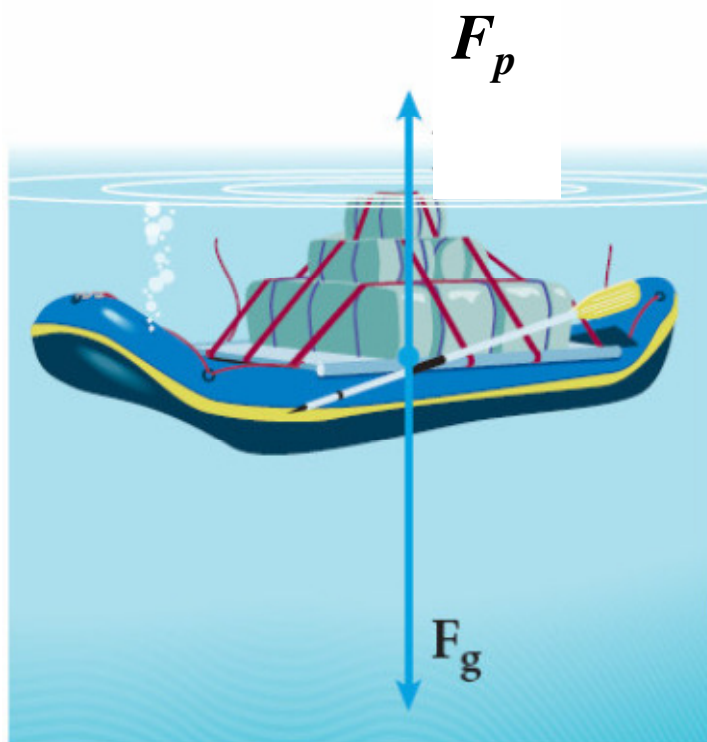
Sila koja deluje odozdo je veća od sile koja deluje odozgo jer je pritisak veći na većoj dubini

SILA POTISKA



Čamac sa tovarom plovi jer su njihove težine uravnotežene sa silom potiska

SILA POTISKA

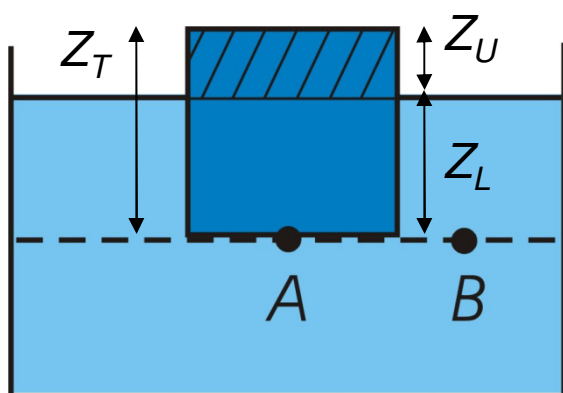


- Sada zamislite malu rupu u čamcu;
- Čamac sa tovarom će početi da tone jer su njihove gustine veće od gustine vode;
- Pošto zapremina čamca opada, opadaće će i težina istinite vode i samim tim i sila potiska

Hoće li da plovi?



Komad leda u vodi



Koji deo bloka će biti iznad površine vode?

Gustina leda je $\rho_{\text{leda}} = 0.9 \text{ g/cm}^3$ i gustina $\rho_{\text{vode}} = 1.00 \text{ g/cm}^3$..

Rešenje:

Sila potiska, jednaka je težini istisnute tečnosti,

$F_{\text{potiska}} = \rho_{\text{vode}} \cdot V \cdot g = \rho_{\text{vode}} \cdot A \cdot z_L$, se uravnotežuje težinom tela $Q = m \cdot g = \rho_{\text{leda}} \cdot A \cdot z_T$

Sledi

$$z_L / z_T = \rho_{\text{leda}} / \rho_{\text{vode}} = 0.9 = 90\%$$

Znači 90% od visine bloka tj, 90% od njegove zapremine se nalazi ispod nivoa vode a 10% bloka je iznad nivoa vode.

HIDROSTATIKA

Statika Dinamika

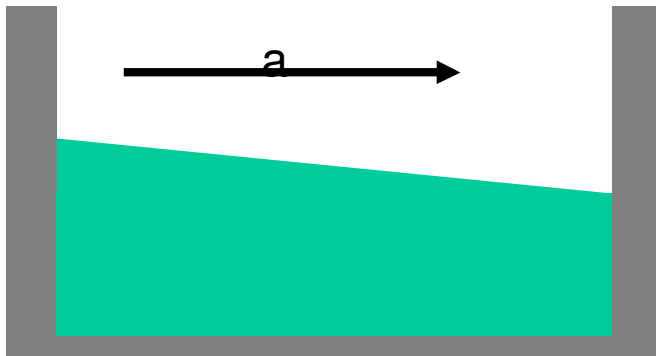


Hidrostatika - “Ne teče”

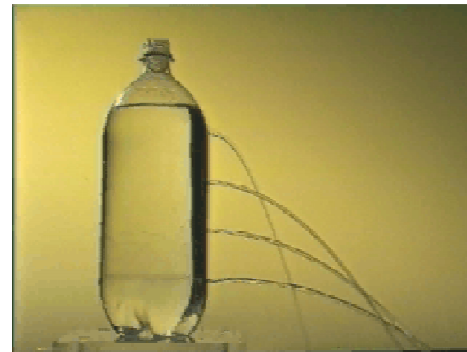
- “Statika” znači “stacionaran” ili “koji ne teče” u nekom hidrauličkom sistemu
- Hidraulički sistem se razmatra kao statički, kada nemamo toka
- Rezultantna sila je nula.

Hidrodinamika – “tok”

- “Dinamika” znači “kretanje” ili “tok” u hidrauličkom sistemu
- Hidraulički sistem se smatra dinamički kada imamo tok
- Paskalov zakon tada ne važi!
 - Pritisak nema isti intenzitet u dinamičkom sistemu
 - Pritisak opada duž linije toka u hidrauličkom sistemu



ubrzanje



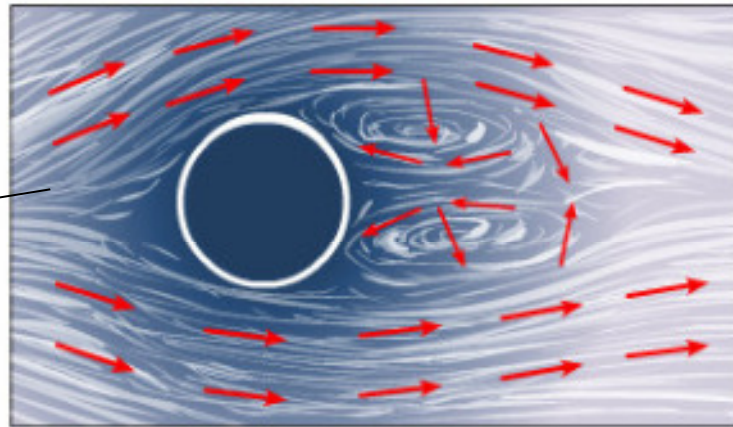
Protok i Pritisak

- Protok, Q
 - Zapreminska brzina toka
 - Količina fluida koja se kreće kroz sistem u jedinici vremena
- Pritisak, P
 - Sila po jedinici površine fluida koji se kreće kroz sistem

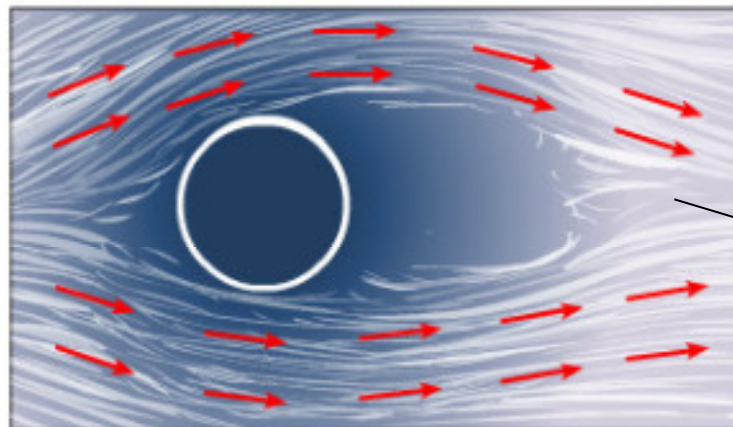
Pritisak=Sila/Površina

Tok fluida

Turbulentni tok
(neregularan)



Not an ideal fluid



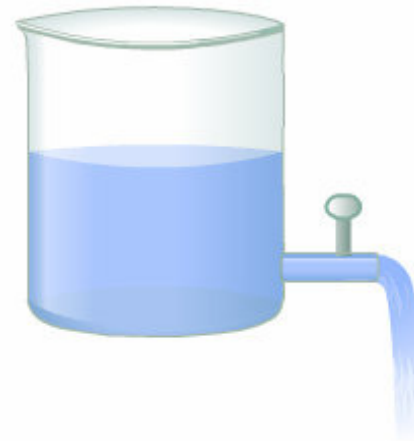
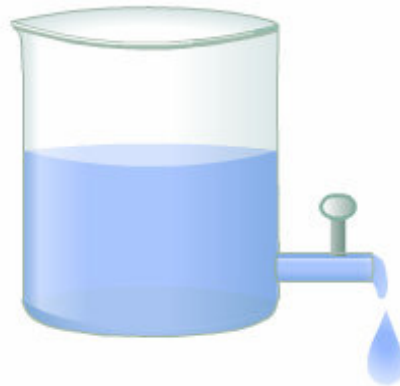
Ideal fluid

Laminarni tok
(regularan)

Fluidni tok

idealni fluid je fluid koji nema unutrašnje trenje ili viskoznost i nestišljiv je.

Idealni model fluida uprošćava analizu toka fluida



Principi toka fluida

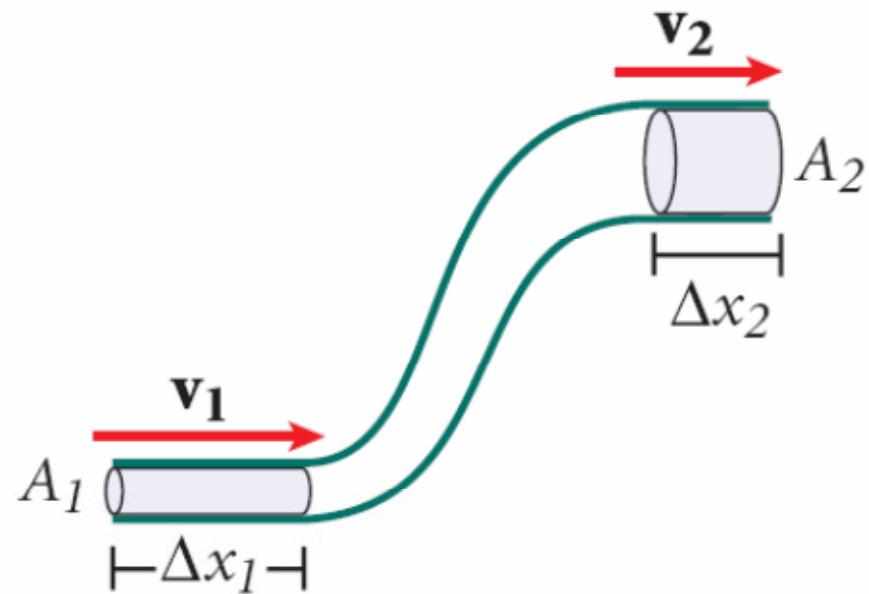
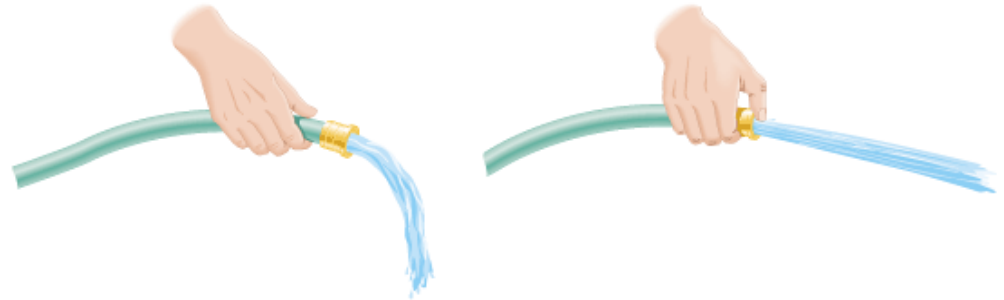
Jednačina kontinuiteta je rezultat održanja mase.

Jednačina kontinuiteta:

$$Q_1 = A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$

tj.,

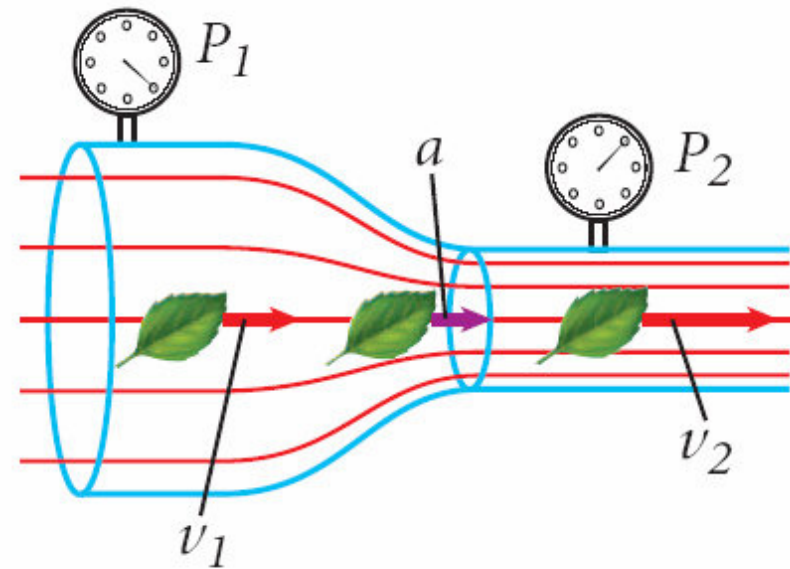
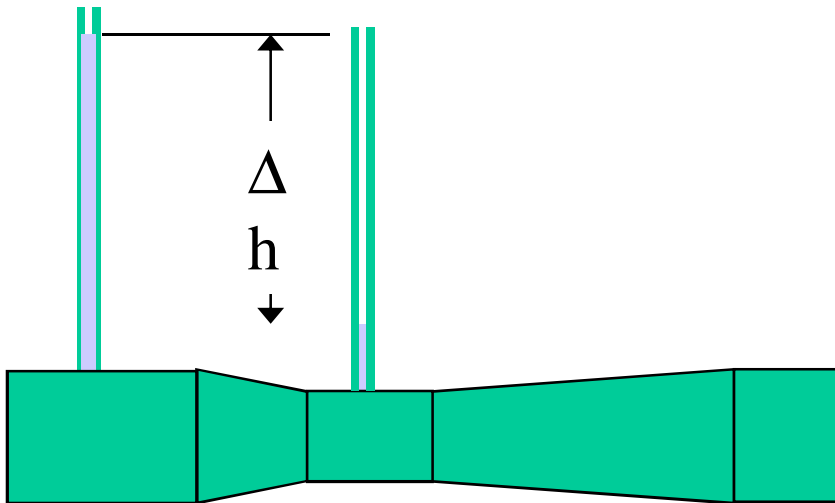
Površina × brzina u regionu 1 = površina × brzina u regionu 2



Principi toka fluida

Brzina toka fluida zavisi od poprečnog preseka cevi.

Bernullijev princip tvrdi da pritisak u cevi opada sa povećanjem brzine fluida.

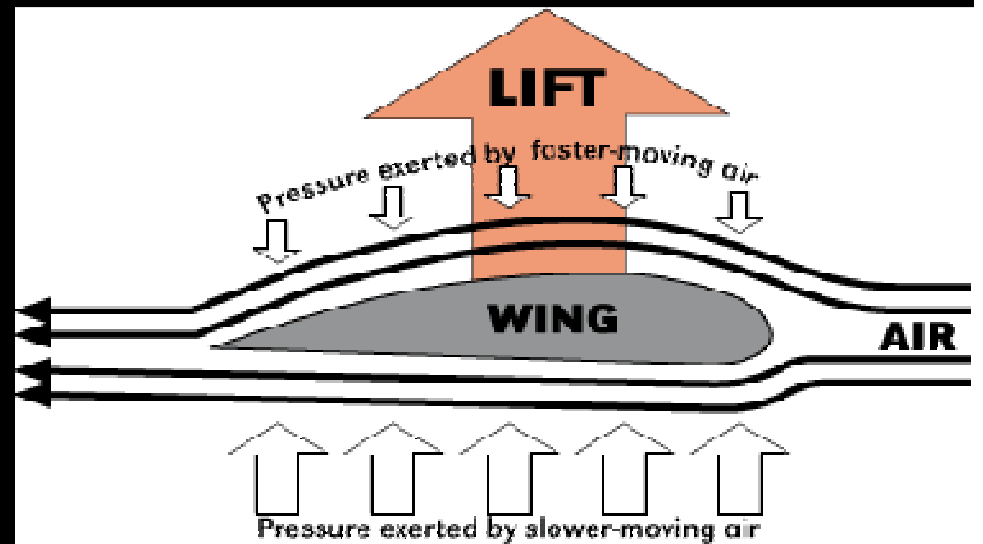
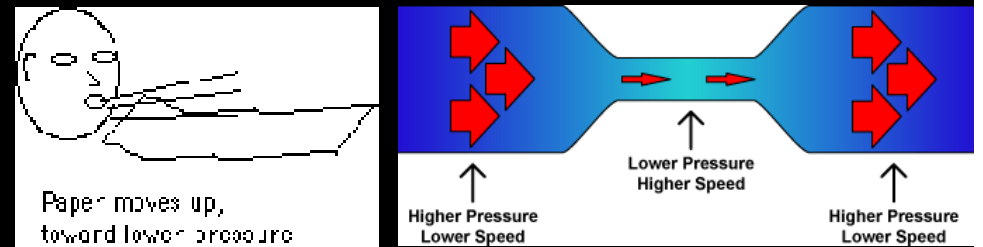




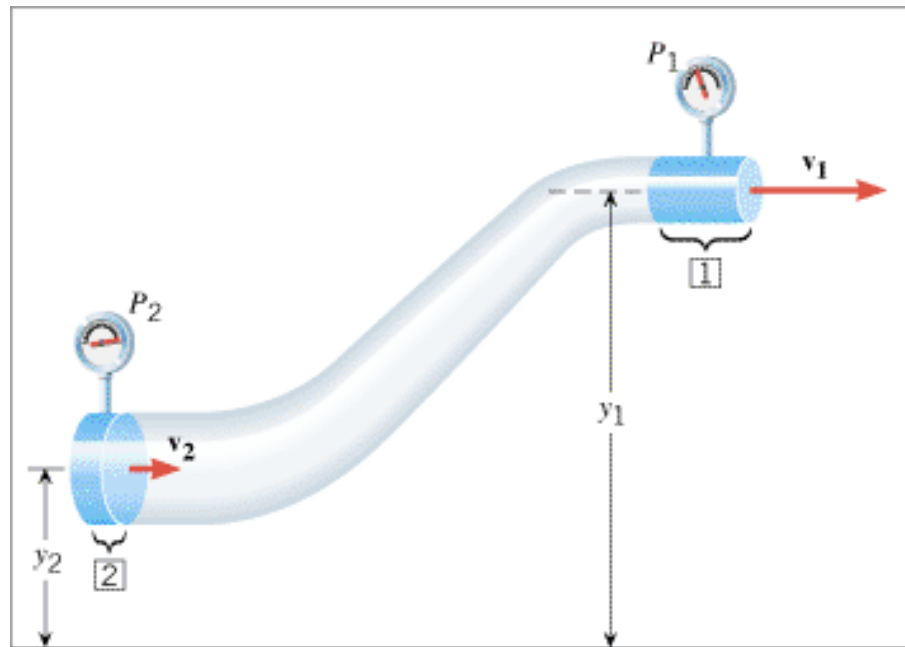
Daniel Bernoulli (1700-1782) godina 82

Bernulijeva jednačina:

Bernoulli's Principle

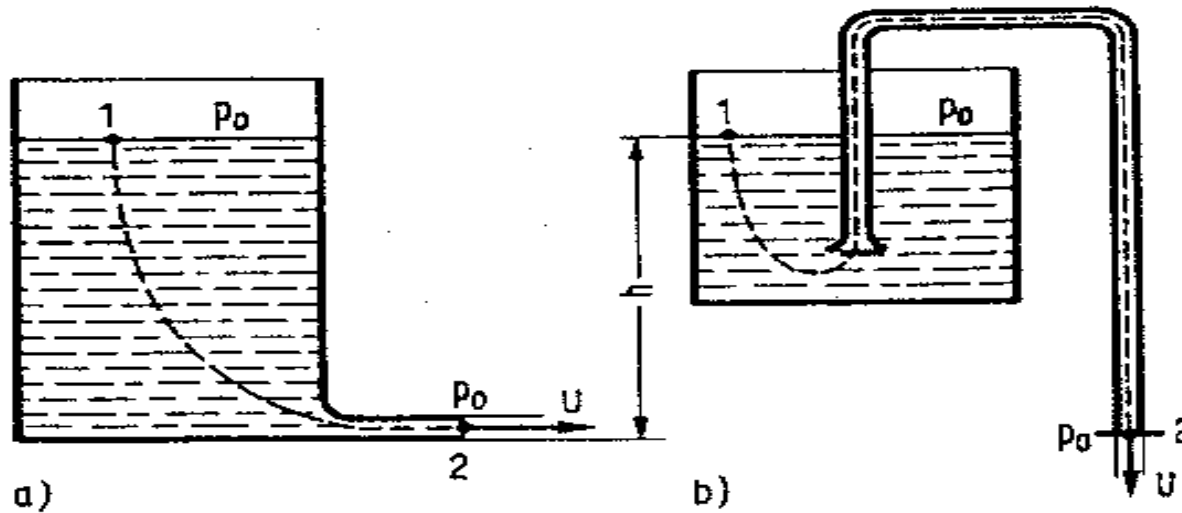


Bernulijeva jednačina



$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g y_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g y_2$$

Torričelli (Isticanje iz širokog suda)



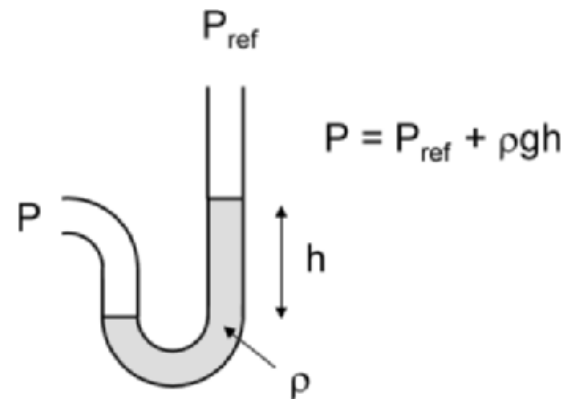
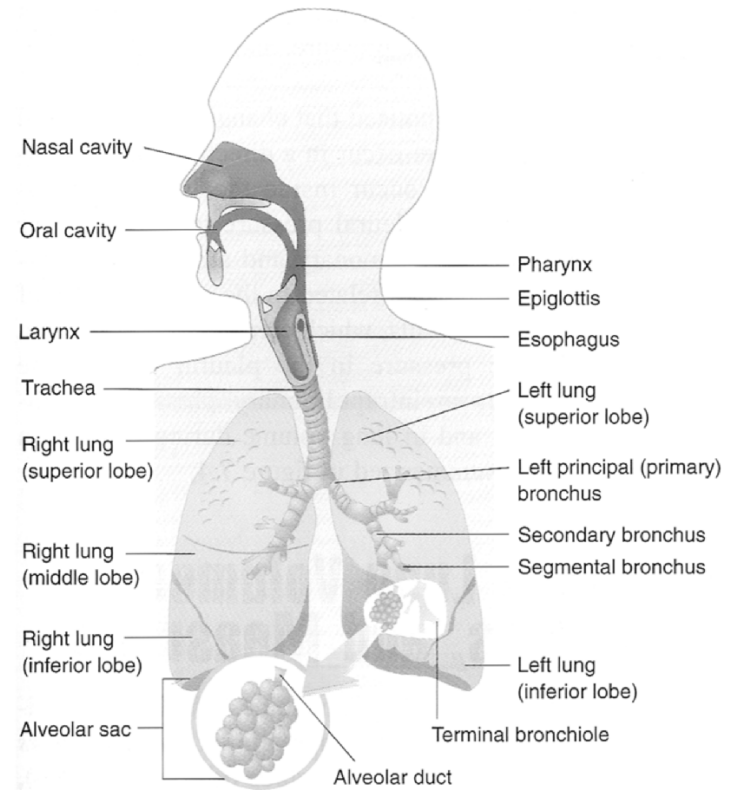
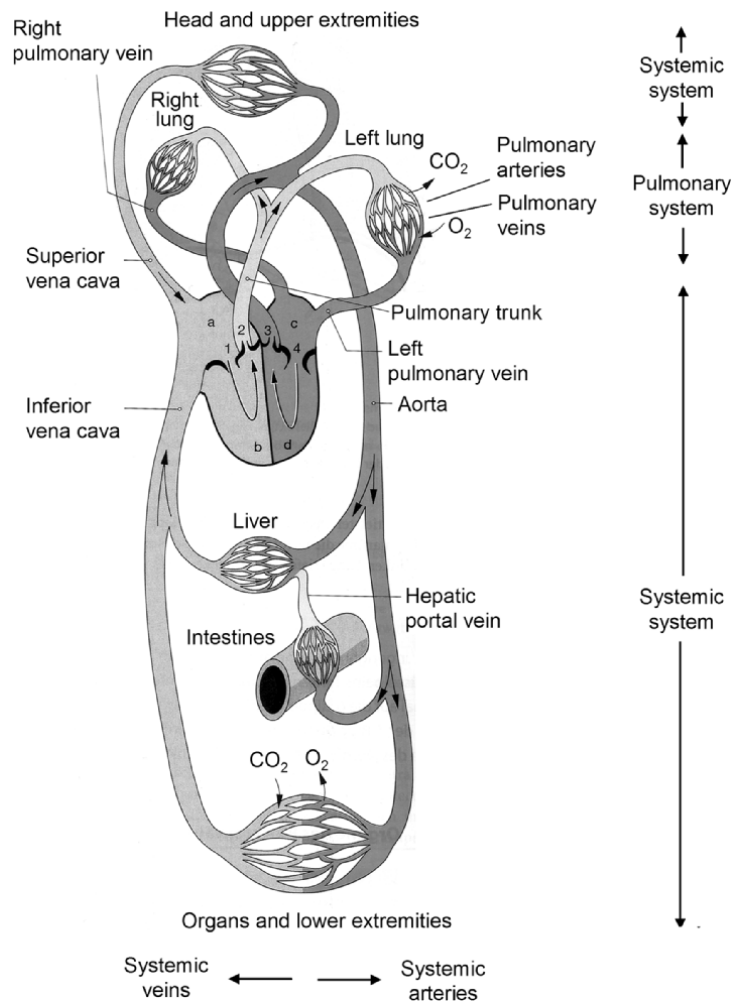
$$p_0 + \frac{\rho}{2} 0^2 + \rho g h = p_0 + \frac{\rho}{2} v^2 + \rho g 0$$

$$v^2 = 2 g h ; v = \sqrt{2 g h}$$

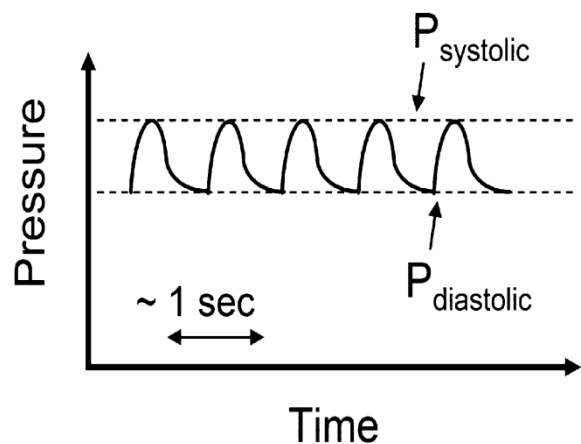
Primena kod čoveka

Fluidi u ljudskom telu:

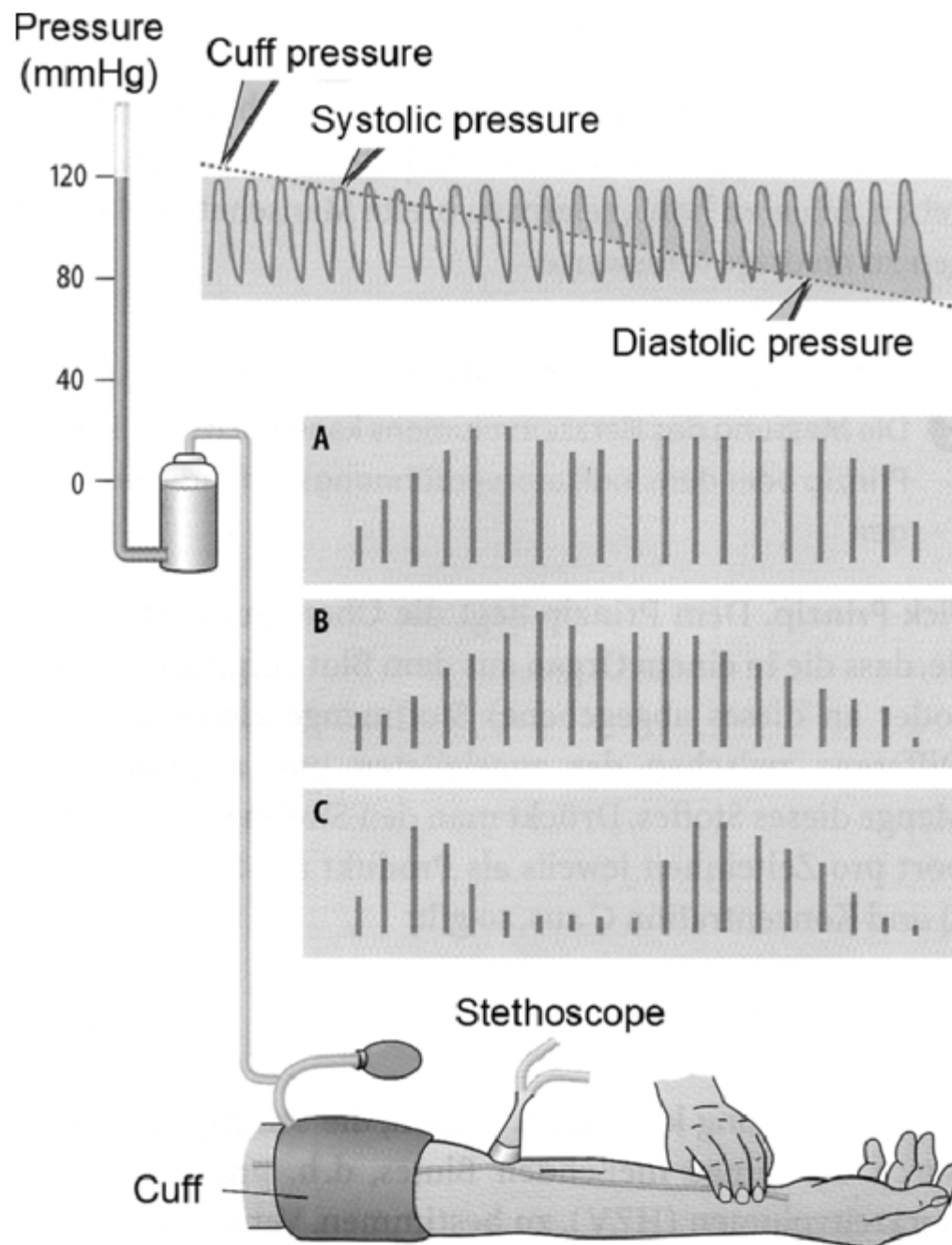
- Krv u srcu u cirkulatornom sistemu;
- i vazduh u plućima i respiratornom sistemu;
- Urinarni sistem (urin, tečnosti kroz bubrege, itd.).



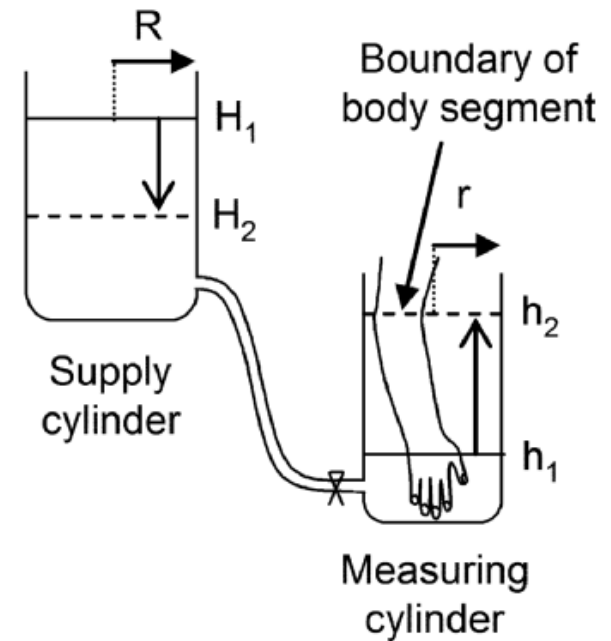
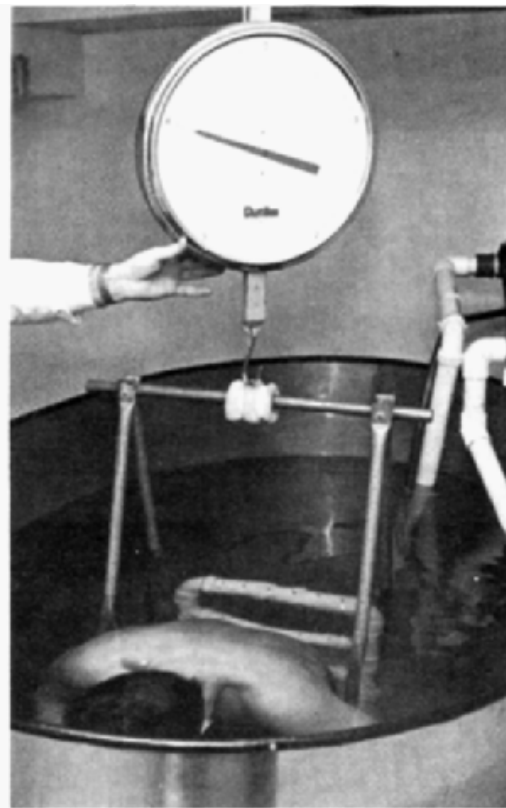
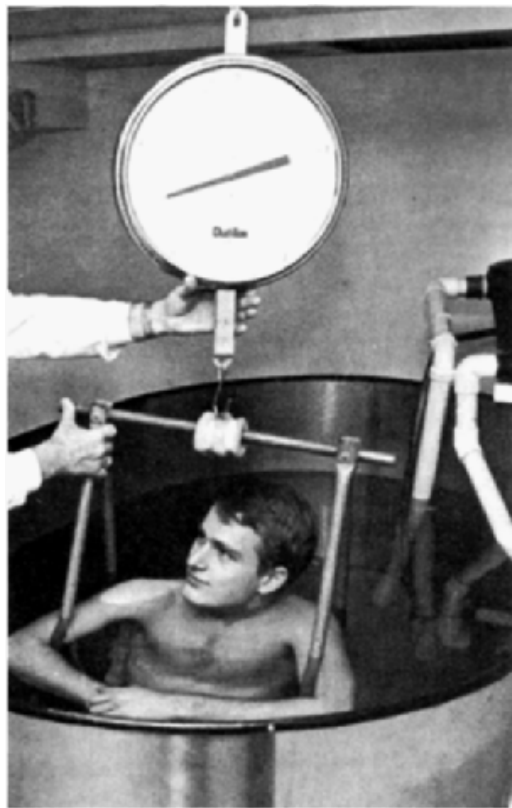
Merenje krvnog pritiska



Korotkov
Ruski vojni
fizioterapeut



Merenje zapremine i gustine tela ugojenosti:-)



Intravensko ubrizgavanje Gravitacijom i pritiskom ruke

