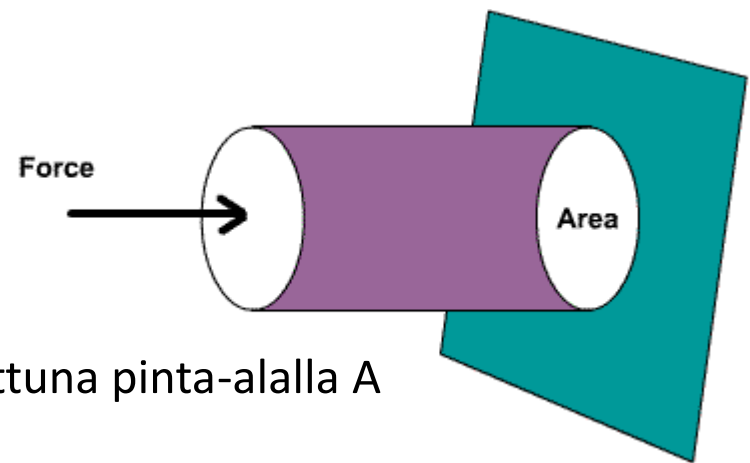


PAINE



Paine = pintaan kohdistuva kohtisuora voima F jaettuna pinta-alalla A

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

$$[p] = 1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ Pa} = 1 \text{ pascal}$$

$$[F] = 1 \text{ N}$$

$$[A] = 1 \text{ m}^2$$

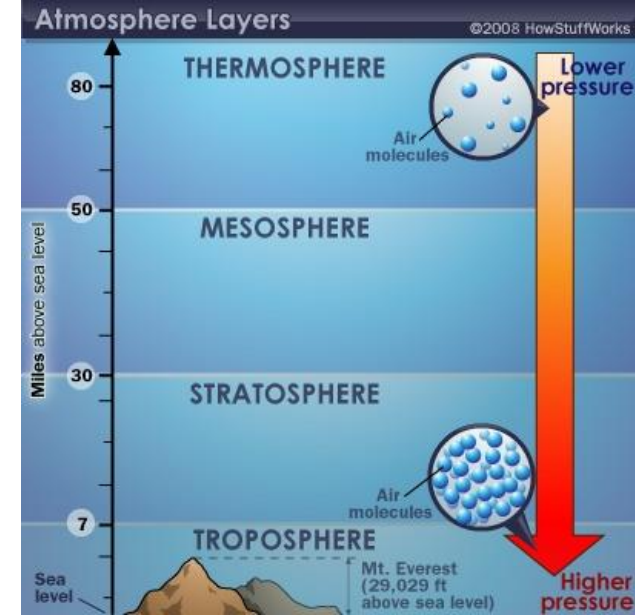
(Huomaa: $1 \text{ cm}^2 = 0,0001 \text{ m}^2$)

Muita yksiköitä (MAOL s. 68):

ilmakehä	(atm)	1 atm	101 325 Pa
baari	(bar)	1 bar	100 000 Pa
elohopea- millimetri	(mmHg)	760 mmHg	1 atm

$$1 \text{ psi} \quad 6895 \text{ Pa} \quad (1 \text{ bar} = 14,5 \text{ psi})$$

- Ilmanpaine merenpinnan tasolla (keskimäärin)
- $101300 \text{ Pa} = 1013 \text{ hPa}$ (hPa = hehtopascal)
 - Neliömetrille kohdistuu yli 10 000 kg ilmamassan paino!
- Ylipaine/alipaine: ero ilmanpaineeseen
 - Esim. auton rengas: "rengaspaine" n. 2,5 bar
=> paine renkaassa 3,5 bar



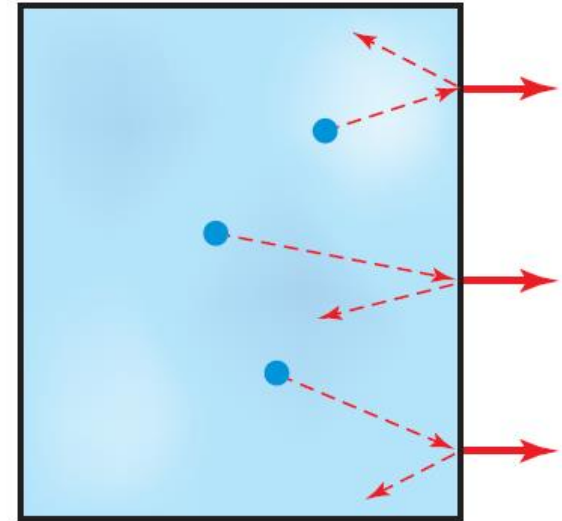
- Ota lyijykynä pituussuunnassa etusormen ja peukalon väliin ja purista: kumpaankin sormeen vaikuttaa yhtä suuri voima, mutta eri suuruinen paine
- Korkokengät: jos paino päkiöillä, paine lattiaan huomattavasti pienempi kuin jos paino kannalla
- Miksi ...
terävä hammas/puukko/saha leikkaa hyvin?
naula/neula/aidantolppa on terävä?



Kaasussa ja nesteessä paine leviää tasaisesti

- Atomit/molekyylit törmäilevät astian seinämiin
=> voima => paine
- Kun lämpötila nousee, liike-energia kasvaa
=> paine kasvaa
- Kun kaasumolekyylien lukumäärä (ainemäärä) kasvaa, törmäysten lukumäärä kasvaa
=> paine kasvaa
- Atomien/molekyylien törmäyksiä joka suuntaan tasaisesti => paine sama joka suuntaan
- Paksussa kerroksessa (ilmakehä, järvet/meret) paine kuitenkin suurempi alaosissa kaasun/nesteen oman painon vuoksi
- Miksi pillillä voi "imeä" mehua? Miten korkealle mehua voi imeä?

Vastaus: ilmanpaine työntää mehua alemman paineen suuntaan, mutta korkeintaan n. 10 m (8-9 m) korkeuteen.
Miksi?



Hydrauliikka

Paine leviää nesteessä tasaisesti

=> kumpaankin mäntään kohdistuu sama paine:

$$p_1 = p_2$$

Joten

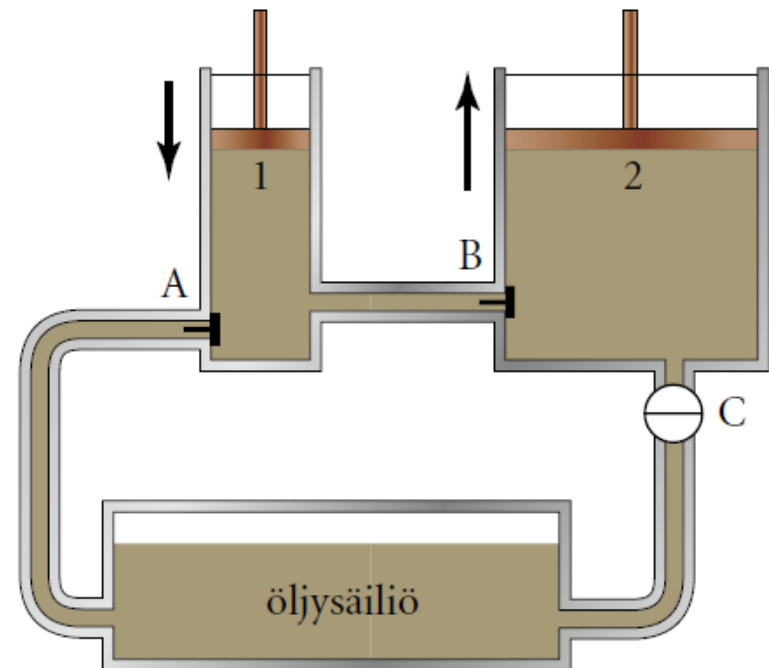
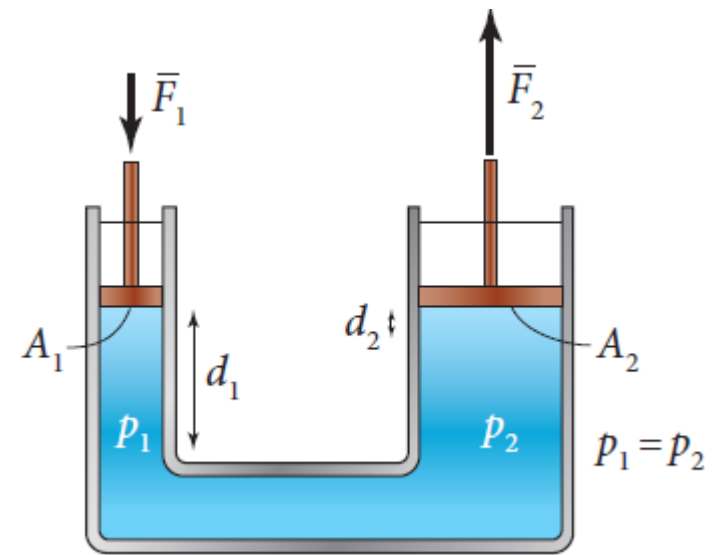
$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

=> Suurempaan mäntään kohdistuu suurempi voima

Esim. hydraulinen nosturi/tunkki:

- männällä 1 pumpataan öljyä
- mäntä 2 nostaa kuorman

Jos männän 2 halkaisija on esim. 2x mäntä 1, kuormaan kohdistuu 4-kertainen voima ($A=\pi r^2$)
(Kun ruuvi venttiili C avataan, mäntä 2 laskeutuu)



Hydrostaattinen paine

= nesteen oman painon aiheuttama paine (vrt. ilmanpaine)

- Kuvan nestesylinterin paino $G = m \cdot g$
- Massa $m = \rho V$, siis $G = \rho \cdot V \cdot g$ (ρ =nesteen tiheys)
- Tilavuus $V = A \cdot h$, joten $G = \rho \cdot A \cdot h \cdot g$
- Nestesylinterin kannattelemiseksi tarvitaan voima F , joka on yhtä suuri kuin sylinterin paino G , siis

$$F = \rho \cdot A \cdot h \cdot g$$

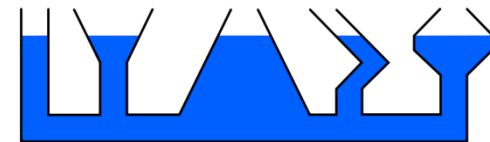
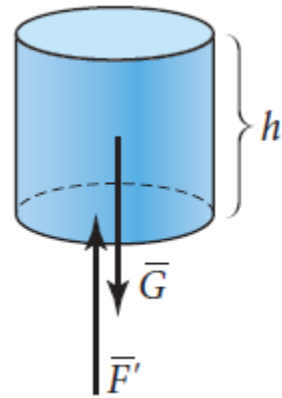
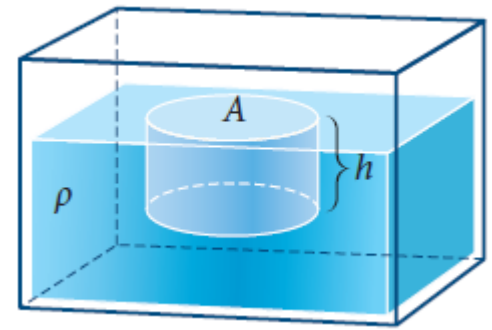
- Sylinterin pohjaan kohdistuu siten paine

$$p = \frac{F}{A} = \frac{\rho A h g}{A} = \rho g h$$

- Nesteessä (tiheys ρ) syvyydellä h vallitsee **hydrostaattinen paine p_h** :

$$p_h = \rho g h$$

- Hydrostaattinen paradoksi: paine ei riipu astian muodosta!
- Huomaa: kokonaispaine = ilmanpaine + hydrostaattinen paine



U-putkimanomometri

Mitataan säiliössä olevan kaasun painetta p_1

Putkessa nestettä, esim. elohopeaa (suuri tiheys)

Periaate: samalla syvyydellä nesteessä kaikkialla sama paine

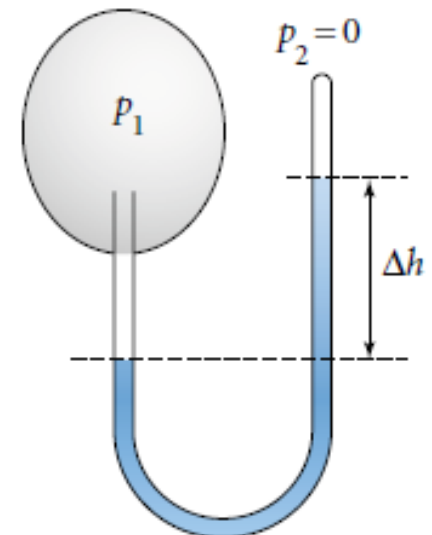
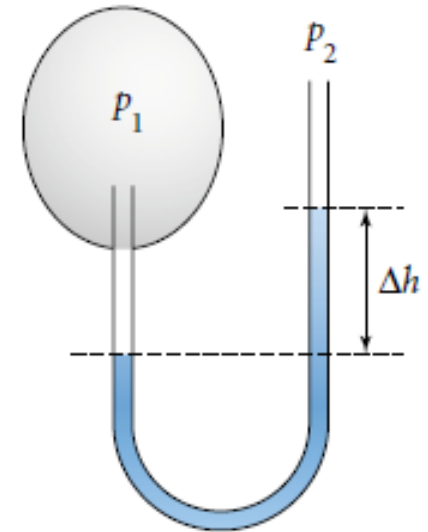
Avoin: ulkoilman paine p_2 vaikuttaa

- Verrataan painetta letkun eri haaroissa kuvassa katkoviivan tasolla; kummassakin sama paine:

$$p_1 = p_2 + \rho g \Delta h$$

- Suljettu: putken toisessa päässä ~tyhjiö (ei ilmaa)
=> paine tyhjiössä putkessa = 0 ($p_2=0$):

$$p_1 = \rho g \Delta h$$



Kuinka korkealle imupumpulla voi nostaa vettä?

- Imupumpussa alennetaan painetta esim. männän avulla
- Ilmanpaine kohdistaa kaivossa veden pintaan paineen p_0
- Paine-ero työntää veden pumpussa ylöspäin
- Jos pumpulla voitaisiin tuottaa tyhjiö, paine männän kohdalla ≈ 0
- Vrt. U-putkimanometri (vertailutaso = vedenpinta):

$$p_0 = 0 + \rho g \Delta h$$

mistä suurin mahdollinen korkeus

$$\Delta h = p_0 / \rho g$$

$$= \frac{1013300 \text{ Pa}}{1000 \text{ kg} / \text{m}^3 \cdot 9,81 \text{ m} / \text{s}^2} = 10,33 \text{ m}$$

- Käytännössä vesi alkaa ”kavitoida” eli kiehua (!), kun paine laskee kovin alas => höyry aiheuttaa nollaa suuremman paineen => max 8-9 m.

