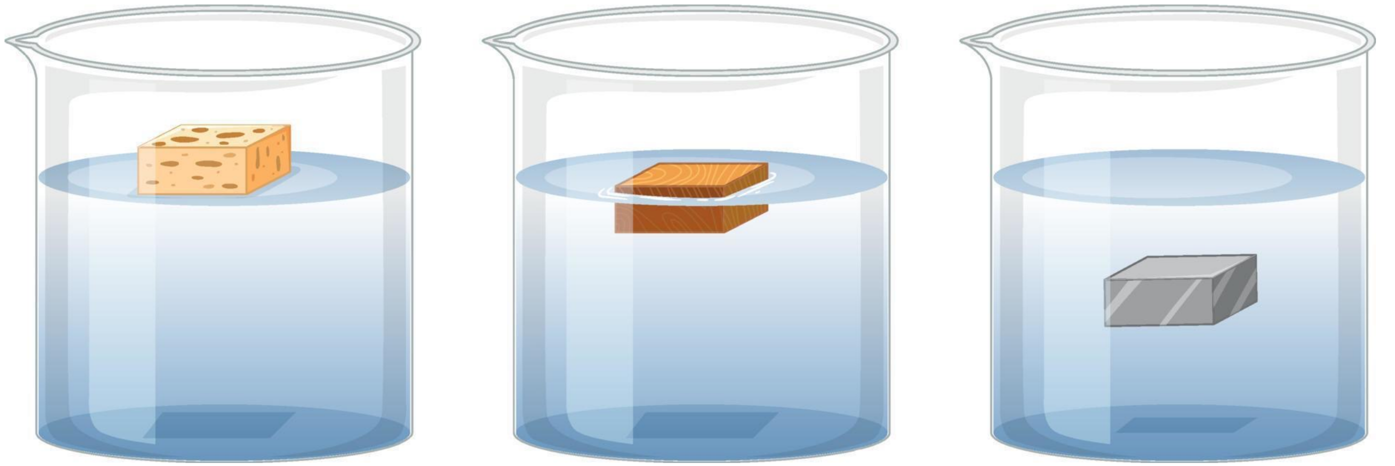
Densitet, tryck, volym och temperatur

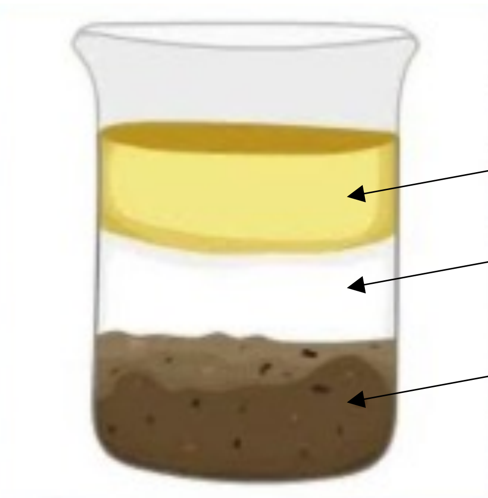
Densitet, tryck, volym och temperatur är centrala begrepp för att kunna förstå allt från varför någonting flyter till hur avancerade bränslemotorer fungerar.



Densitet

Massa per volymsenhet kallas för densitet och betecknas ofta med den grekiska bokstaven ρ (rho). Det krävs till exempel mindre volym av bly jämfört med samma vikt i stål. Ett närliggande begrepp är specifik vikt som är förhållandet mellan densiteten för ett material dividerat med vattnets densitet.

$$\text{Densitet, } \rho = \frac{m}{V} \qquad [\frac{kg}{m^3}]$$



Lägre densitet än vatten

Vatten

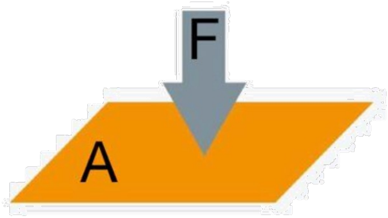
Högre densitet än vatten

*) Densiteten för vatten är 1000 kg/m^3 och för stål 7800 kg/m^3.

Tryck

Tryck kan definieras som en kraft som verkar på en yta och brukar betecknas med bokstaven p.

$$\text{Tryck, } p = \frac{F}{A} \qquad [\frac{N}{m^2}]$$



Vätsketryck

Eftersom tyngdkraften för en visst vätskelager utövar ett kraft på ett underliggande vätskelager växer vätsketrycket linjärt med djupet. Vätsketryck anges ofta i enheten Pa eller bar. Ett vattendjup på 10 m ger ca 1 bars vätsketryck. Om vi kallar djupet för h blir:

$$\text{Vätsketryck, } p_{vätska} = \rho \cdot g \cdot h \qquad [Pa = \frac{N}{m^2} = 10^{-5}\ bar]$$

Totalt tryck

Vätsketrycket är att betrakta som ett övertryck jämfört med atmosfärtrycket p_{atm}.
Det totala trycket blir således:

$$p = p_{vätska} + p_{atm}$$

*) Atmosfärtrycket vid havsytan p_{atm} = 101.3 kPa eller 1.013 bar

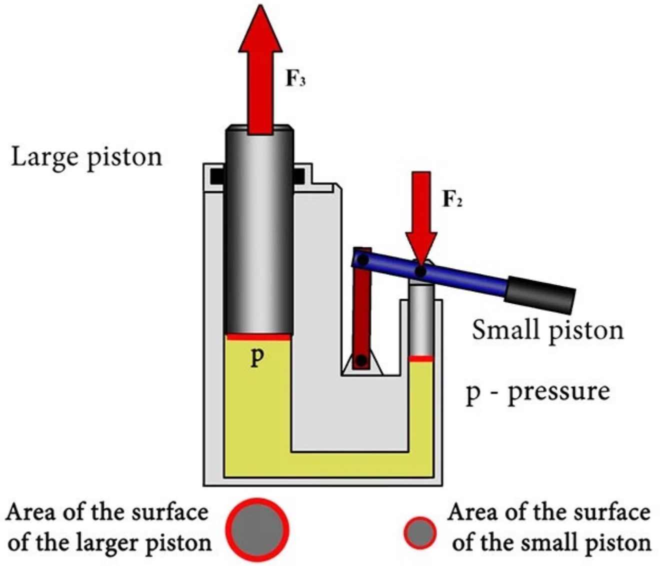
Vätsketrycket beror endast av djupet h

Då vätsketrycket endast beror på vätskans densitet, tyngdaccellerationen och djupet påverkas således inte trycket av hur bred vätskebehållaren är.

Principen för en domkraft

I en sluten trycksatt behållare kan trycket betraktas som lika stort i hela behållaren. Då vi trycker ned den smala kolven så blir tryckökningen F_2/A_2 (se bild nedan). Den stora kolven påverkas av en lika stor tryckökning som kan skrivas F_3/A_3.

$$\frac{F_2}{A_2} = \frac{F_3}{A_3}$$



A_3 A_2

*) Det man vinner i kraft förlorar man i sträcka. Den stora kolven kommer alltså inte att röra sig lika långt som den lilla.

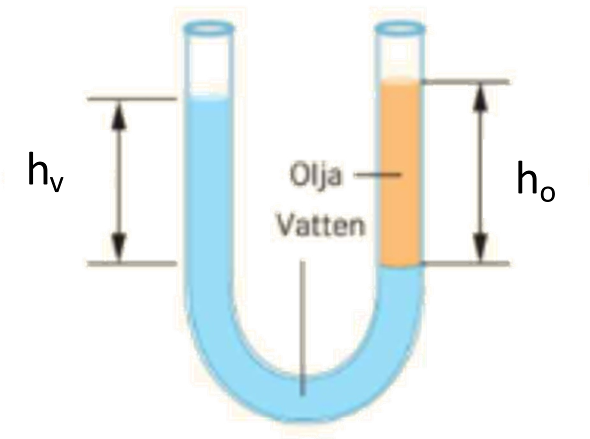
Att bestämma densitet för en vätska m h a ett U-rör

Ett U-format rör kan användas för att enkelt bestämma densiteten för en okänd vätska om densiteten är känd för den andra vätskan i röret. Precis i nivån för gränsskiktet mellan oljan och vattnet nedan är trycket p lika stort i oljan och vattnet.

$$\rho_v \cdot g \cdot h_v = \rho_o \cdot g \cdot h_o$$

$$\boxed{\rho_v \cdot h_v = \rho_o \cdot h_o}$$

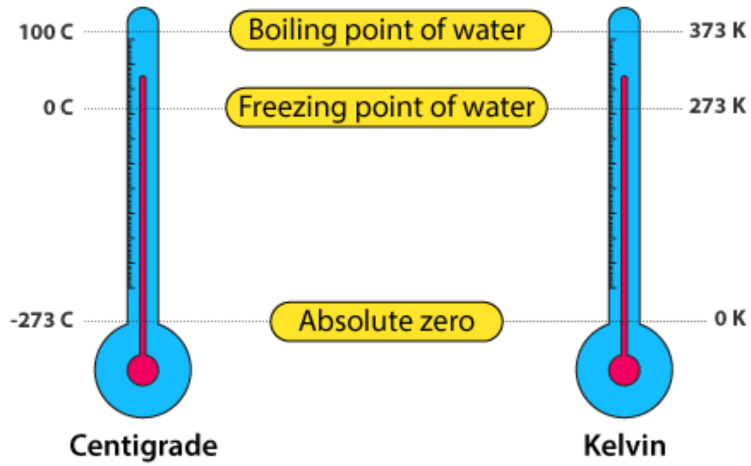
$$\rho_o = \rho_v \cdot \frac{h_v}{h_o}$$



Temperaturenheten Kelvin

Fysikern Kelvin tog Celsius skala och justerade den uppåt så att nollpunkten i stället för vattnets fryspunkt representerade den absoluta nollpunkten $-273℃$ som är den kallaste temperaturen i universum. I praktiken kan denna aldrig nås då det skulle betyda att all rörelse upphörde.

$$0K = -273℃$$



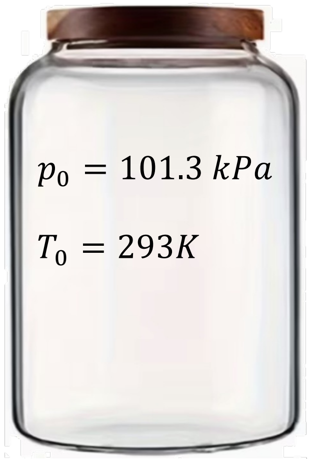
*) Då skalindelningen är densamma kan en skillnad i temperatur ΔT uttryckas valfritt i antingen Celsiusgrader eller Kelvingader

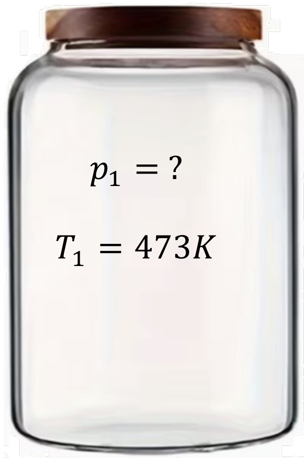
Allmänna gaslagen

Allmänna gaslagen säger i princip att produkten av tryck och volym är proportionellt mot temperaturen med en proportionalitetskonstant $k = n \cdot R$ där n är antalet mol och R är den allmänna gaslagen.

$$\boxed{p \cdot V = k \cdot T}$$

Exempel: Vi har en sluten gasbehållare med rumstemperatur och atmosfärtrycket p_0.
Vad blir trycket om vi värmer upp behållaren till 200°C ?



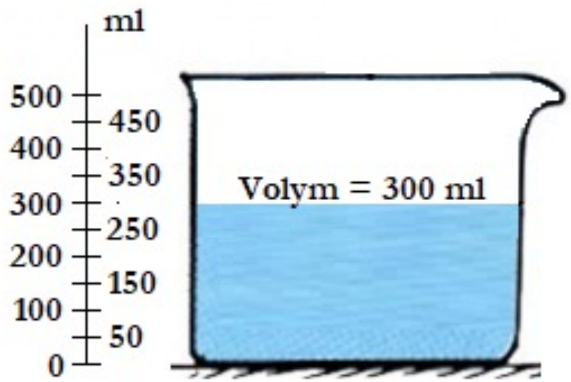


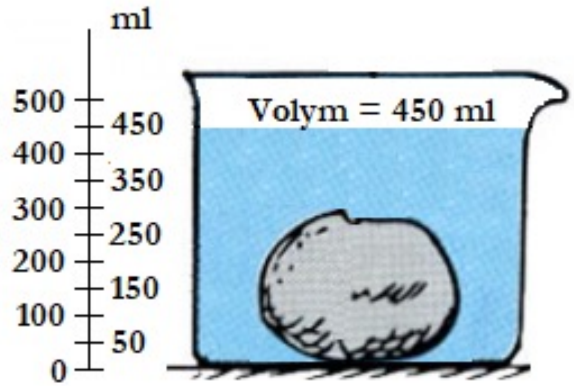
$$p_1 = p_0 \cdot \frac{T_1}{T_0} = 101.3 \cdot \frac{473}{293} = 164\ kPa$$

*) Notera att temperaturen måste anges i enheten Kelvin.

Volymbestämning av oregelbundet föremål

Volymen hos ett geometriskt oregelbundet föremål kan enkelt bestämmas genom att sänka ned föremålet i en vätska och avläsa volymskillnaden i vätskan. Är densiteten hos föremålet känd så kan ju även vikten bestämmas.

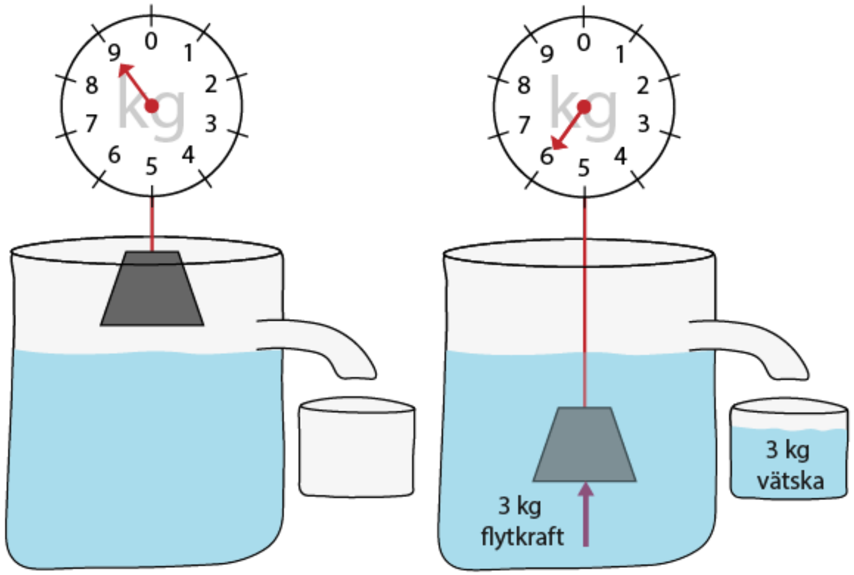




Arkimedes princip

Enligt Arkimedes princip påverkas ett föremål nedsänkt i vätska av en lyftkraft lika stor som tyngden av den undanträngda vätskan. Observera att alla föremål dessutom alltid påverkas av den motsatt riktade tyngdkraften mg.

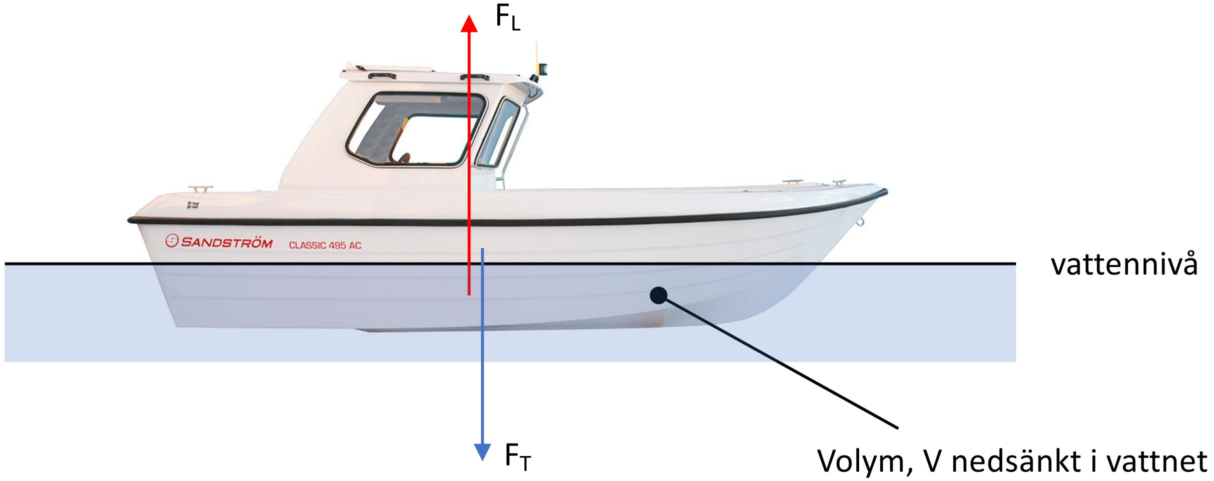
Lyftkraften $\boxed{F_L = \rho_{vätska} \cdot g \cdot V}$



I exemplet ovan blir alltså lyftkraften $F_L = 3 \cdot 9.8 = 29.4\ N$ vilket motsvaras av vattenvolymen $V = \frac{3}{1000} m^3 = 3\ dm^3$.

Exempel: Kommer båten att sjunka?

En båt flyter på vattnet och är delvis nedsänkt i vatten så att volymen på den nedsänkta delen är 4.5 m^3. Hela båtens volym omfattar 8.5 m^3. Båten lastas med 6600 kg smuggelgods. Kommer båten att fortsätta flyta eller kommer den att sjunka efter pålastningen? Vi får anta att inget vatten kan tränga in i båten.



Innan pålastning

$$F_L = \rho_{vatten} \cdot g \cdot V = 1000 \cdot 9.8 \cdot 4.5 = 44.1\ kN$$
$$F_T = F_L = 44.1\ kN$$

Efter pålastning

$$F_{T2} = F_T + 6600 \cdot 9.8 = 44.1 + 64.7 = 108.8\ kN$$
$$F_{L2} = \rho_{vatten} \cdot g \cdot V_2 = 1000 \cdot 9.8 \cdot 8.5 = 83.3\ kN$$

Efter pålastningen är den nedåtriktade kraften F_{T2} större än lyftkraften F_{L2} =>
Båten kommer med all sannolikhet att sjunka!