



Градска школа физике ФИЗНИШ
Пројекат Друштва физичара Ниш који финансира Град
Ниш



Густина тела

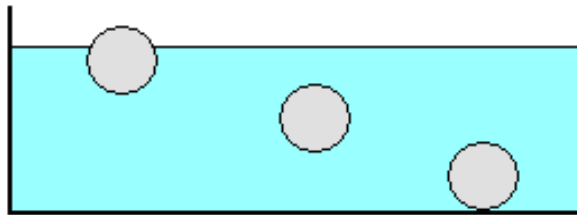
Густина тела ρ је једна од основних карактеристика тела и по дефиницији је једнака маси јединичне запремине:

$$\rho = \frac{m}{V}.$$

Ова особина тела није директно мерљива и до ње се мора доћи посредним путем. Из искуства нам је познато да нека тела пливају на води док друга тону на дно. Обично се у народу каже да су ова прва лакша од воде а друга тежа. Описана појава међутим није везана за тежину тела него за његову густину.

Сила потиска у течности

Зашто нека тела пливају а друга не?



Слика 1.3. Тела могу да пливају на води, лебде у њој или тону.

На ово питање је давно дат одговор у виду Архимедовог закона а то је да тела мање густине од воде пливају а она веће густине тону. Прекоокеански бродови имају огромну масу (и тежину) а ипак пливају на води. Они су тако пројектовани (пуно „тешких“ делова комбинованих са просторима у којима је само ваздух) да је њихова усредњена густина заправо мања од густине воде.

Гравитациона сила делује подједнако и на течности узрокујући њихову тежину односно њихову тежњу да заузму што је могуће нижу расположиву позицију. (То је одговор на питање зашто вода тече низбрдо.) Као одраз ове тежње, течност у нашем окружењу (у Земљиним гравитационим пољима) делује на тела која су уроњена у њу тако да је резултујућа сила овог деловања усмерена вертикално навише. Течност (гасови такође) тежи да истисне уроњена тела и заузме њихов простор. Ова сила је позната као сила потиска.

Познато је да се деловање силе на јединичну површину описује као притисак.

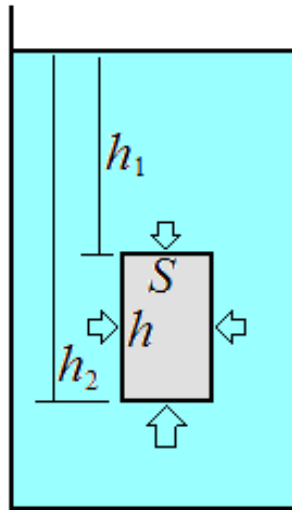
$$P = \frac{F}{S}.$$

У случају течности то ће бити хидростатички притисак који је сразмеран висини стуба течности изнад посматране јединичне површине

$$P = \frac{mg}{S} = \frac{\rho Vg}{S} = \frac{\rho Shg}{S} = \rho gh.$$

Течност као флуид има познату особину да се притисак подједнако преноси у свим правцима.

Настанак силе потиска се може описати на једноставном примеру. Нека је правилан цилиндар основе S и висине h уроњен у неку течност. Течност ће деловати на овај цилиндар притиском са свих страна а очигледно је да ће се бочни притисци међусобно уравнотежити. Притисци на врх и дно цилиндра неће бити међусобно једнаки а њихова разлика ће бити једнака сили потиска. Хидростатички притисак на врх цилиндра ће бити једнак ρgh_1 а притисак на дно ρgh_2 . Разлика висина стубова течности је једнака висини самог цилиндра.



Слика 1.4. Настајање потиска.

Како је хидростатички притисак увек већи на дно него на врх цилиндра, то ће сила која делује на дно бити већа од оне која делује на врх цилиндра а резултујућа сила ће деловати вертикално навише. Сила потиска ће бити једнака

$$F_p = \rho ghS = \rho Vg.$$

У последњем изразу је са ρ означена густина течности а са V запремина тела која је иначе једнака запремини телом истиснуте течности. Њихов производ је једнак маси истиснуте течности а помножена и са гравитационим убрзањем g долазимо до тежине телом истиснуте течности. Ова сила делује супротно тежини тела па ће свако тело уроњено у течност изгубити привидно од своје тежине за тежину истиснуте течности.

Сила потиска у гасовима

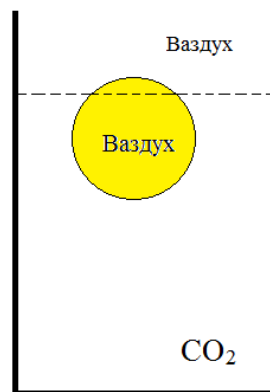
Сила потиска постоји и у гасовима. Најпознатији примар је подизање дима из димњака. Топао ваздух из димњака је ређи од околног ваздуха те га овај истискује навише.

Ваздух има око 800 пута мању густину од воде па се овај ефект обично занемарује када се у лабораторији ради са течностима или чврстим телима. Добро је међутим имати на уму овај ефект јер се он неминовно јавља.

Илустрације ради наведимо лет балона на топао ваздух. Сам балон, његова корпа, боце са гасом који сагорева и вишечлана посуда могу имати знатну тежину. Па ипак топао ваздух у балону може бити разређен до вредности када сила потиска надвладава сву поменућу тежину.

Потисак у ваздуху може бити изразит и ако се балон напуни неким гасом који има мању густину од ваздуха, као што су то водоник и хелијум. Треба се подсетити гигантских конструкција Цепелина, чији је лет базиран на потиску у ваздуху. Ова идеја данас није напуштена а употреба нових материјала за конструкцију треба да омогући дуготрајну и безбедну вожњу.

У лабораторији се ефект потиска у гасовима може демонстрирати стакленом посудом величине 50, 50 и 100 cm (или приближне). У њу се може „налити“ гас угљендиоксид који је за око трећину гушћи од ваздуха. Када се на врх овако припремљеног суда пусти балон од сапунице испуњен ваздухом он ће лебдети у суду. Сам балон од сапунице има неку тежину и он сам је знатно гушћи од околног гаса али у комбинацији са ваздухом који



Слика 1.5. Балон од сапунице испуњен ваздухом лебди у угљендиоксиду.

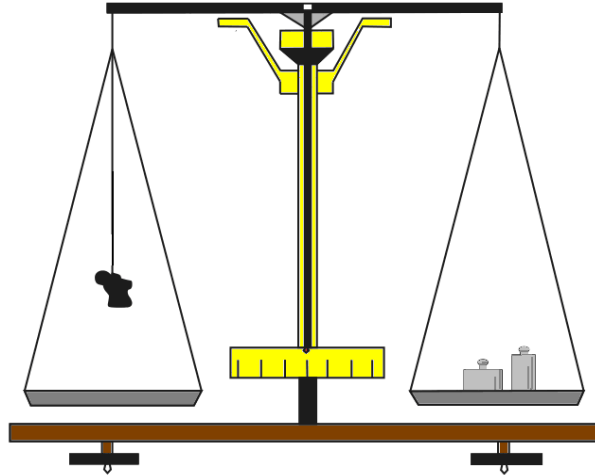
га испуњава (а ређи је од гаса из окружења) бива истиснут на површину флуида који је иначе невидљив као и ваздух.

Могу се у овом огледу користити и други гасови као што су то флуоро-угљоводоници са још већом разликом у густини и изразитијим потиском али је до њих теже доћи а и њихово коришћење захтева већу пажњу и опрез.

1. 1. Одређивање густине чврстих тела хидростатичком вагом

Да би одредили густину неког тела потребно је да знамо његову масу и запремину. Запремину тела није једноставно одредити ако оно не спада у групу правилних геометријских тела већ има неки неправилан облик. Ово се може превазићи ако се тело потопи у течност (нпр. воду), уколико се наравно, ради о телима која се у њој не растварају. Тело ће истиснути запремину воде једнаку својој запремини и ниво воде у суду ће порастати. Тачност мерења запремине се сада огледа у добром читавању промене нивоа течности у суду. За ове потребе у употреби су посебно градуисани судови – мензуре.

Мерење масе тела се пак може обавити са великом тачношћу користећи техничку вагу или електронску са тачношћу до 0,01 грама.

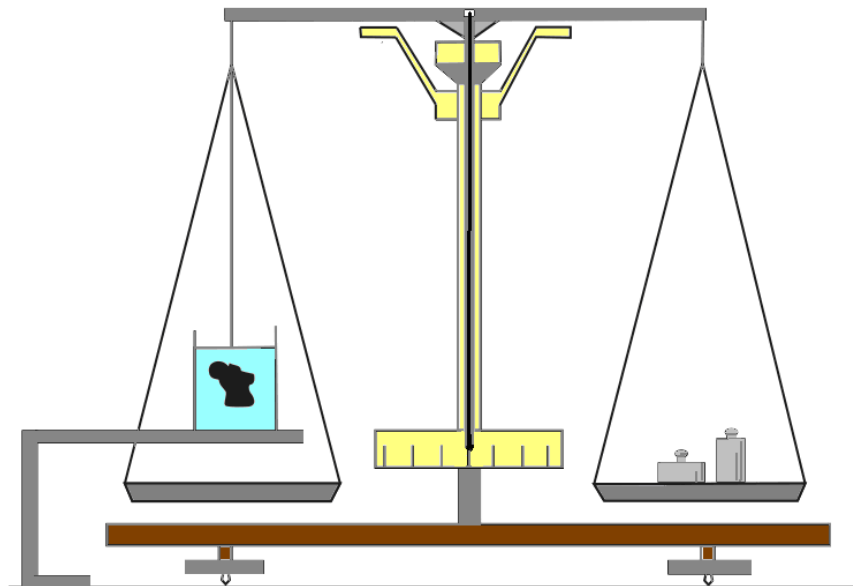


Слика 1.6. Мерење тежине тела у ваздуху Q_1 .

Идеја у овом експерименту је да се мерење запремине тела замени мерењем његове масе и то тако да се поред мерења тежине тела у ваздуху изврши и мерење његове тежине када је оно потопљено у течност (воду) чија је густина добро позната.

Мерење тежине тела врши се на некој од вага (овде је приказан рад са техничком вагом). Резултат мерења тежине тела у ваздуху означимо са Q_1 : $Q_1 = Q_t$.

Друго мерење тежине обавља се тако да је тело потопљено у воду али да суд са водом није у контакту са вагом, што се постиже спољњим држачем или „мостом“ изнад таса ваге. Тело треба да је у потпуности потопљено али да не додирује стране или дно суда.



Слика 1.7. Мерење тежине тела уроњеног у воду Q_2 .

Овако измерену тежину означимо са Q_2 .

Из претходног, следи да је (након скраћивања са g):

$$m_2 = m_1 - V_t \rho_v.$$

Одавде је: $m_1 - m_2 = V_t \rho_v$, односно, запремина тела једнака је:

$$V_t = (m_1 - m_2) / \rho_v.$$

Густину тела одређујемо према дефиницији, користећи последњи израз:

$$\rho_t = \frac{m_t}{V_t} = \rho_v \cdot \frac{m_1}{m_1 - m_2}.$$

Код овог мерења сматрамо да је густина воде добро позната величина.

Грешка мерења се процењује на основу грешке мерења маса:

$$\frac{\Delta \rho}{\rho} = \left| \frac{\Delta m_1}{m_1} \right| + \left| \frac{\Delta(m_1 - m_2)}{m_1 - m_2} \right| = \frac{\Delta m}{m_1} + \frac{2\Delta m}{m_1 - m_2}.$$

У последњем изразу је употребљена вредност густине ρ која је израчуната на основу измерених вредности ако је извршено само једно мерење или ће то бити средња вредност густине $\bar{\rho}$ ако је мерење поновљено неколико пута и након тога одређена средња вредност.

Коначан резултат се записује у облику:

$$\rho = \bar{\rho} \pm \Delta \rho.$$

* Варијанта са динамометром (опругом)

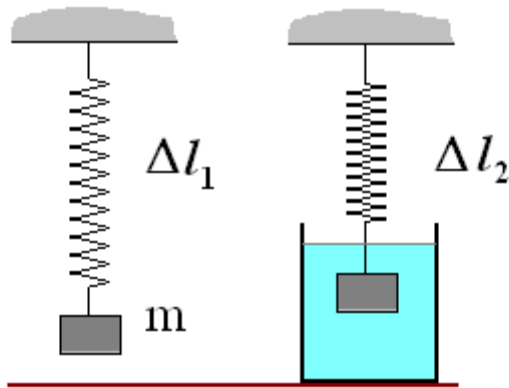
Претходни оглед може се извести коришћењем опруге. Уколико је њено издужење калибрисано у односу на силу којом је оптерећена, говоримо о динамометру.

Оглед се изводи са опругом која је причвршћена на статив. Када се на њен доњи крај прикачи тело дате масе она ће се издужити вертикално наниже. Што је прикачено теже тело, то ће се и опруга више издужити. Једнакост сила се описује као:

$$mg = k\Delta \ell_1.$$

У последњем изразу је са k означена константа опруге (којом се описује њена еластичност, заправо – крутост). Са $\Delta \ell$ је означено њено издужење. У ваздуху ће ово издужење бити једнако $\Delta \ell_1$. Ако се, затим оглед понови али тако да је тело потопљено у води, на њега ће деловати и сила потиска (која делује супротно тежини тела) па ће издужење бити нешто мање и износиће $\Delta \ell_2$. Једнакост сила се сада записује изразом:

$$mg - F_p = k\Delta \ell_2.$$



Слика 1.8. Мерење динамометром.

Према Архимедовом закону, сила потиска једнака је тежини телом истиснуте течности. Запремина истиснуте течности једнака је запремини потопљеног тела. На основу тога следи: $mg - m_v g = k\Delta l_2$.

Одавде је:

$$mg - \rho_v Vg = mg - \rho_v \frac{m}{\rho_t} g = k\Delta l_2.$$

Како је $mg = k\Delta l_1$ даље је:

$$k\Delta l_1 - \frac{\rho_v}{\rho_t} k\Delta l_1 = k\Delta l_2.$$

Након скраћивања и премештања добија се: $\Delta l_1 - \Delta l_2 = \frac{\rho_v}{\rho_t} \Delta l_1$,

Одакле је коначно:

$$\rho_t = \rho_v \frac{\Delta l_1}{\Delta l_1 - \Delta l_2}.$$

Остаје да се одреди грешка мерења, слично као и у претходном случају али сада на основу грешака приликом мерења дужина.