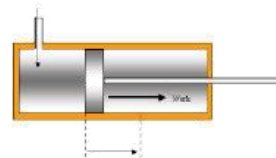
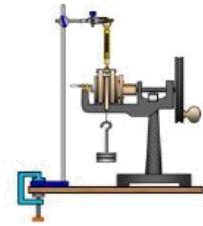
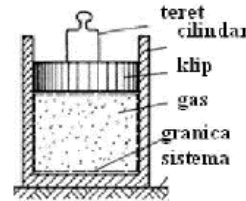
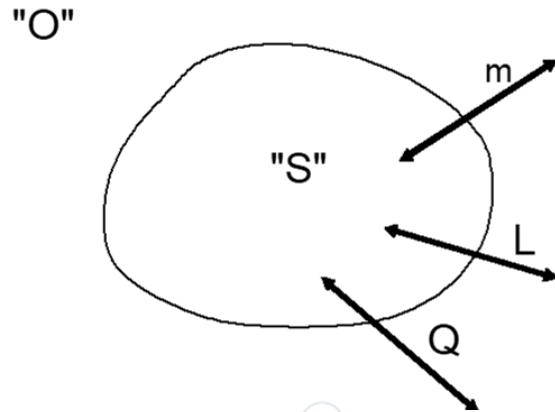


ТЕРМОЕНЕРГЕТИКА

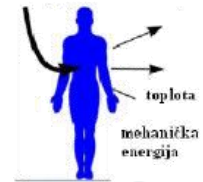
Osnovne veličine stanja

Termodinamički sistem

Termodinamički sistem (S) je onaj deo sveta koji je predmet termodinamičkog izučavanja. Taj deo sveta izdvojen je od ostalog prostora graničnom površinom koja može biti ili stvarna ili zamišljena. Ostali prostor koji nije uključen u sistem, predstavlja njegovu **okolinu** (O).



Energija (iz hrane)



Termodinamički sistem

Termodinamički sistem je deo prostora koji se izdvaja u posmatranju i analiziranju nekog procesa, neke promene stanja radnog tela, pri čemu sve ono što nije obuhvaćeno termodinamičkim sistemom smatramo njegovom **okolinom**.

Termodinamički sistem i njegova okolina međudejstvuju razmenom toplota, rada ili razmenom čestica.

Okolina je prostor koji se nalazi izvan granica termodinamičkog sistema i čine je energetski (toplotni ili radni) rezervoari sa kojima je razmatrani sistem u interakciji.

Za okolinu je karakteristična nepromenljivost intenzivnih veličina stanja bez obzira na to kakav se proces odvija u termodinamičkom sistemu.



Termodinamički sistem

Termodinamički sistem može biti:

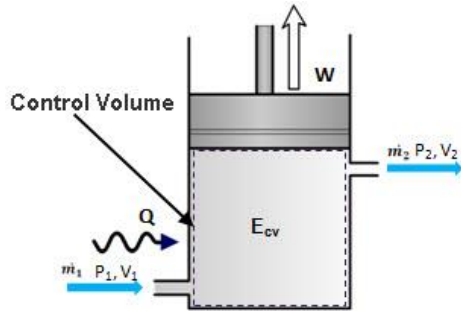
- **homogen** (sastoji se od jedne faze i uniforman je po hemijskom sastavu i fizičkim osobinama) ili
- **heterogen** (sastoji se od 2 ili više faza).

Termodinamički sistem se dalje u odnosu na interakciju sa okolinom može deliti na:

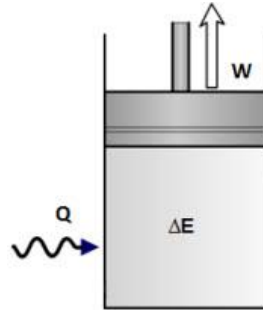
- **Otvoren** (razmenjuju energiju i masu).
- **Zatvoren** (razmenjuju samo energiju).
- **Izolovan** (ne razmenjuju ni masu ni energiju).

Termodinamički sistem

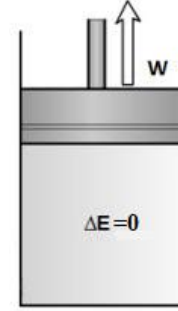
Otvoren sistem



Zatvoren sistem



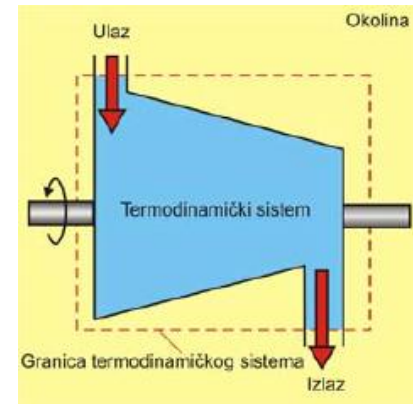
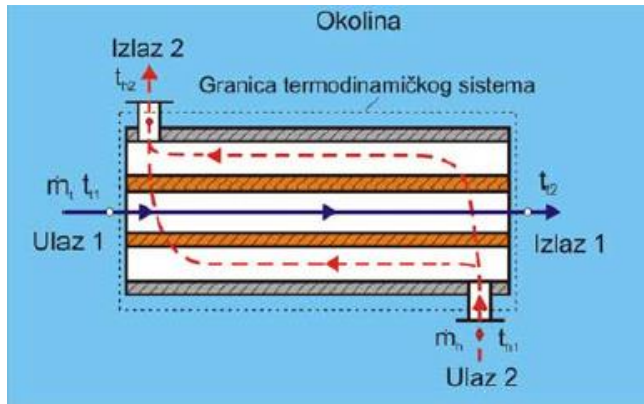
Izolovan sistem



Termodinamički sistem

Kod **otvorenih sistema** kroz granicu sistema se ostvaruje protok mase (sa pripadajućom energijom), bez obzira da li se pri tome, kroz granicu, razmenjuju toplota i rad.

To su najčešći termodinamički sistem u tehničkoj praksi.



Termodinamički sistem

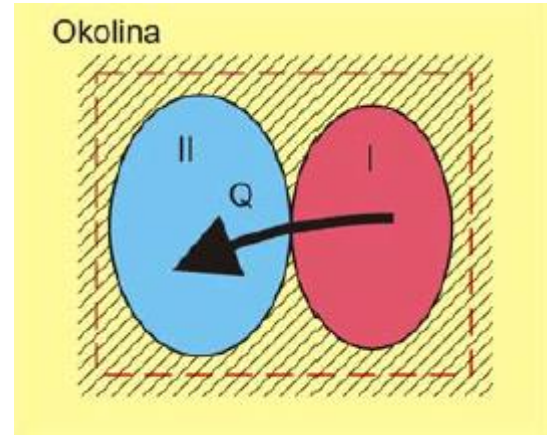
Kod **zatvorenog termodinamičkog sistema**, interakcija sa okolinom ostvaruje se samo u obliku razmene energije, dok je masa u sistemu konstantna.



Termodinamički sistem

Izolovani termodinamički sistem ne ostvaruje nikakvu interakciju sa svojom okolinom, tj. ne razmenjuje energiju i masu sa svojom okolinom. Energija i masa sistema imaju konstantne vrednosti.

Izolovani sistem obeležavamo šrafiranom površinom.



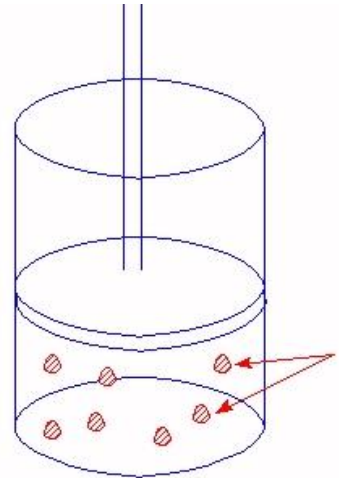
Radno telo

Da bi se jedan oblik energije pretvorio u drugi oblik energije mora se vezati za neku materiju, supstancu, koja se javlja kao posrednik u transformaciji energije i koja se naziva **radno telo** (npr. realan gas: vlažan vazduh, vodena para, amonijak, različiti freoni...).

Radno telo može biti bilo kog agregatnog stanja (čvrsto, tečno, gasovito).

Radno telo može biti čista supstancija ili ga mogu činiti rastvori supstancija (gasoviti, tečni ili čvrsti) ili, smeše tih supstancija i njihovih rastvora.

U termodinamici su radna tela najčešće **gasovitog** agregatnog stanja.



Veličine stanja

Veličine koje karakterišu energetska stanja radnog tela nazivamo **veličinama stanja**.

Osnovne veličine stanja su:

- **T – apsolutna temperatura (K),**
- **p – apsolutni pritisak (Pa) i**
- **v – specifična zapremina (kg/m³).**

Veličine stanja povezane su prema iskustvu kod gasova i tečnosti izrazom:

$$F(p, v, T) = 0$$

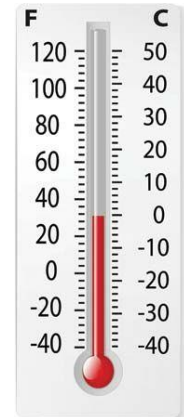
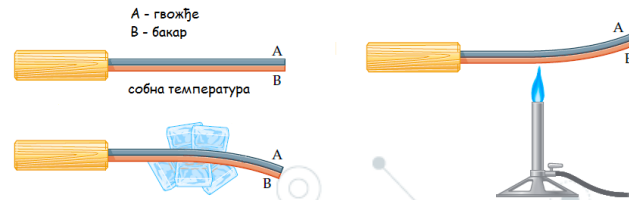
Unutrašnji pritisak (p) kod gasova i tečnosti ne zavisi od oblika zauzetog prostora, već samo od vrste materije, od njene apsolutne temperature (T) i gustine (ρ), odnosno, od njene specifične zapremine (v).

Apsolutna temperatura

Temperatura je makroskopski odraz mikroskopskih promena stanja radnog tela i posledica je unutarmolekulskih promena, kretanja molekula i predstavlja **stepen zagrejanosti nekog tela.**

Temperatura se može tumačiti i preko kinetičko-molekularne teorije gasova kao mera srednje kinetičke energije translatornog kretanja molekula gasa.

Temperatura se ne može izmeriti direktno, već se meri isključivo posredstvom neke druge veličine kao što je zapremina, ili npr. elektromotorna sila. Termometri sa živom rade na principu promene gustine žive.



Apsolutna temperatura

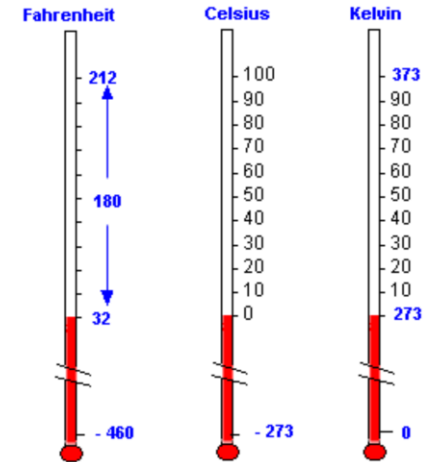
Za merenje temperature koiste se različite skale: Celzijusovu, Kelvinovu, Reomirovu ili Farenhajtovu skalu.

Međunarodni komitet za mere i težine je preporučio dve skale:

- **Kelvinovu skalu** (jedinica K, najčešće se označava sa “T”)
- Celzijusovu skalu (jedinica °C, najčešće se označava sa “t”).

Veza između ove dve skale je data sledećom relacijom:

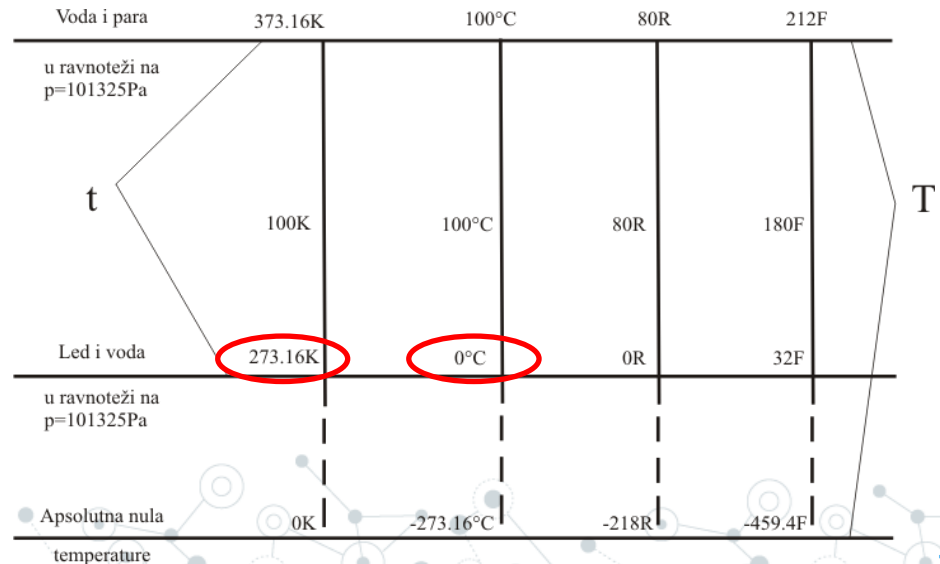
$$T = 273,15 + t$$



Apsolutna temperatura

U termodinamici je merodavna je **apsolutna temperatura** (Kelvinova ili Rankinova skala), koju označavamo slovom T. Temperatura, merena relativnom skalom (Celzijusovom ili Fahrenhajtovom), se mora preračunati u apsolutnu temperaturu i kao takva koristiti u termodinamici!

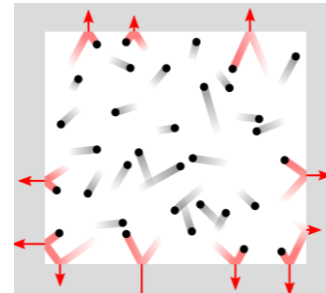
$$1 \text{ K} = 1 \text{ }^\circ\text{C} = 4/5 \text{ }^\circ\text{R} = 9/5 \text{ }^\circ\text{F}$$



Apsolutni pritisak

Kretanje molekula odražava se na graničnoj površini predmeta kao normalna sila, F_n , po jedinici te površine s normalom n , tj. $p = \frac{F_n}{A_n}$.

Sila se javlja kao posledica promene impulsa (količine kretanja) molekula pri sudaru sa zidom (ili npr. instrumentom za merenje pritiska) što je direktno proporcionalno s brojem i brzinom molekula.



Ako je jedinica za silu 1 N, a za površinu 1 m², onda je jedinica za iskazivanje vrednosti pritiska Paskal jednaka:

$$1 (Pa) = \frac{1 (N)}{1 (m^2)}$$

Apsolutni pritisak

1 Pa je jako mala jedinica. Tako je npr. vrednosti atmosferskog pritiska približno $100000 = 10^5$ Pa. Iz tog razloga se u praksi koriste sledeće jedinice:

Megapaskal $1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa} = 10 \text{ kPa}$,

Bar $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$,

ali se pored njih još mogu naći i sledeće jedinice

$1 \text{ torr} = 750,062 \text{ mmHg} = 1 \text{ bar}$,

fizička atmosfera $1 \text{ At} = 1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 1,0133 \text{ bar}$.

*Najčešće se u praksi koristi izvedena jedinica **1 bar = 10^5 Pa**, koja približno odgovara vrednosti atmosferskog pritiska.*

Apsolutni pritisak

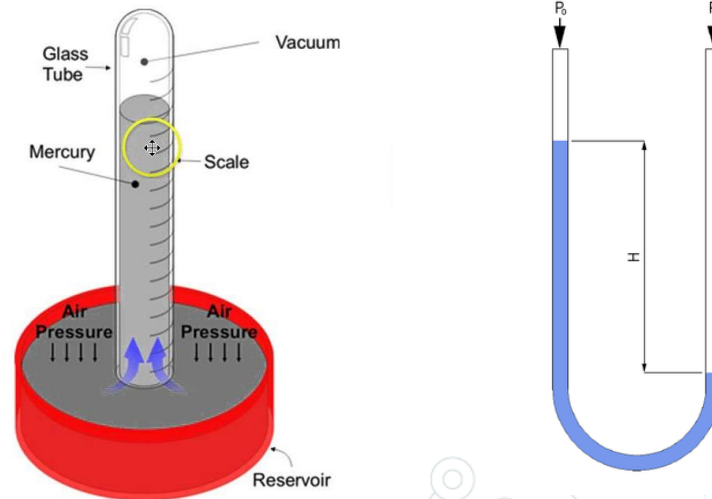
Konverzija u ostale jedinice za merenje pritiska

	paskal	bar	tehnička / fizička atmosfera		tor
1 Pa	1 N/m²	10⁻⁵	10.2·10⁻⁶	9.87·10⁻⁶	7.5·10⁻³
1 bar	100,000	1	1.02	0.987	750
1 at	98,066.5	0.980665	1	0.968	736
1 atm	101325	1.01325	1.033	<i>p_o</i>	760
1 torr	133.322	1.333·10⁻³	1.360·10⁻³	1.316·10⁻³	1
1 psi	6894.757	68.948·10⁻³	70.307·10⁻³	68.046·10⁻³	51.7149

Apsolutni pritisak

Pritisak se može izmeriti i visinom stuba neke tečnosti (živa, voda, alkohol):

$$p = \frac{F_n}{A_n} = \frac{m \cdot g}{A_n} = \frac{\rho \cdot V \cdot g}{A_n} = \rho \cdot g \cdot h,$$



Apsolutni pritisak

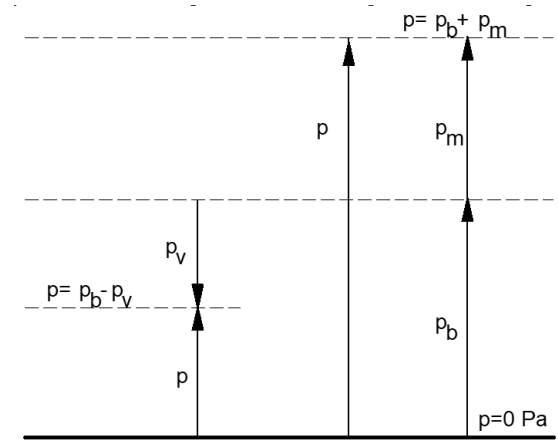
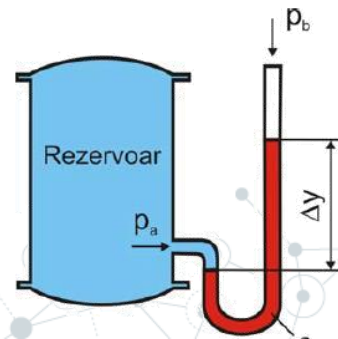
U praksi često treba meriti pritisak gasa u zatvorenim sudovima.

Taj pritisak može biti veći od atmosferskog pritiska (pritiska okoline po ≈ 1 bar koji se meri barometrom) i naziva **manometarski pritisak** (meri se manometrom) ili **nadpritisak**.

$$p_a = p_b + p_m$$

Takođe, mereni pritisak može biti i niži od pritiska okoline pa se naziva **vakuometarski pritisak** (meri se vakuumetrom) ili **podpritisak**.

$$p_a = p_b - p_v,$$



Specifična zapremina

Specifična zapremina predstavlja zapreminu koju zauzima jedinica mase radnog tela (m^3/kg).

$$v = \frac{V}{m}$$

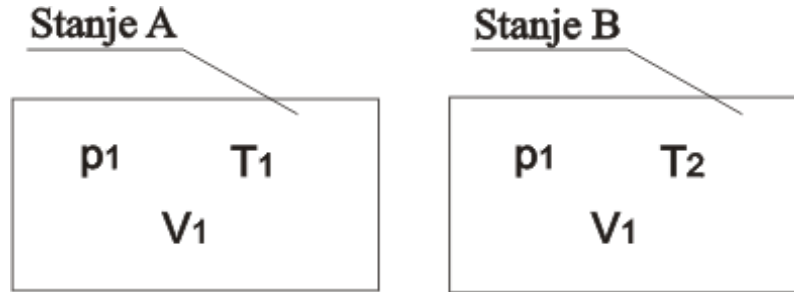
Recipročna vrednost specifične zapremine jeste gustina ρ (kg/m^3).

Zato sledi da je:

$$v = \frac{1}{\rho} \text{ odnosno } \rho = \frac{1}{v}$$

Stanje radnog tela

Stanje radnog tela je posledica unutrašnjih nevidljivih mikroskopskih promena unutar radne materije. Ono je određeno vrednostima veličine stanja kao što su temperatura, pritisak, zapremina.



Stanja gasova sa istim temperaturama, a različitim pritiscima su medjusobno različita

Termodinamička ravnoteža

Prirodno stanje gasa ostvaruje se ukoliko nema spoljašnjih uticaja.

Ako, p , T , i v imaju iste vrednosti u svim tačkama zapremine sistema, za taj sistem kažemo da je u stanju **termodinamičke ravnoteže**.

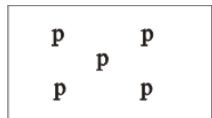
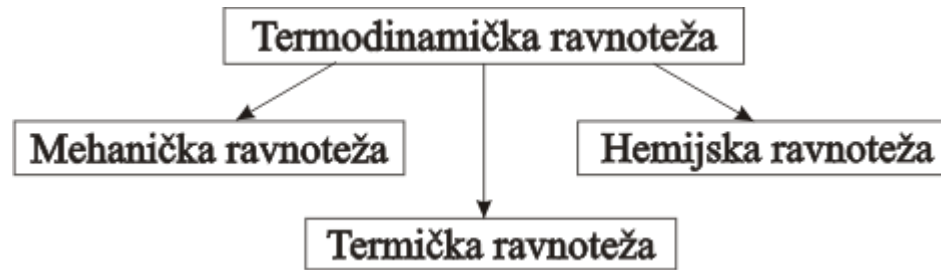
Pri postojanju termodinamičke ravnoteže makroskopskim merenjima nije moguće otkriti nikakve promene veličina stanja sistema

Do ravnotežnog stanja dolazi se ukoliko ne postoji uticaj okoline na termodinamički sistem i obrnuto. To znači da preko granica sistema ne prelazi ni materija niti energija: rad i toplota (zatvoren i izolovan sistem).

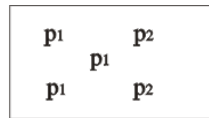
Svako ravnotežno stanje ima odgovarajuću vrednost p , T i v .

Termodinamička ravnoteža

Kada je radno telo u termodinamičkoj ravnoteži tada su svi njeni delovi u medjusobnoj mehaničkoj, termičkoj i hemijskoj ravnoteži.



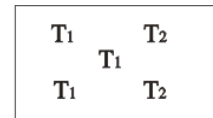
Mehanička ravnoteža



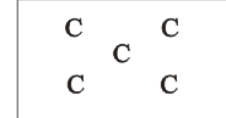
Mehanička neravnoteža



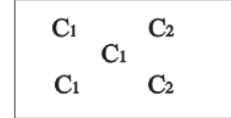
Termička ravnoteža



Termička neravnoteža



Hemijska ravnoteža



Hemijska neravnoteža

Promena stanja

Sistem može da prelazi kroz neravnotežna stanja pod uticajem različitih spoljašnjih sila.

Sa prestankom delovanja spoljašnjih sila, sistem se vraća u novo ravnotežno stanje.

Takav proces pri kome se menjaju veličine stanja naziva se **promena stanja**.

Procesi koji se pri promenama stanja odvijaju mogu biti:

- **povratni**(reverzibilni) i
- **nepovratni**(ireverzibilni)

Promena stanja

Povratni procesi ostvaruju se, ako se procesi odigravaju lagano, i pri tome sistem prolazi kroz međustanja koja podrazumevaju postojanje termičke, mehaničke i hemijske ravnoteže.

Nepovratni procesi su procesi kod kojih se sistem i okolina ne mogu vratiti u svoja početna stanja bez dodatnog(spoljnog) utroška energije.

