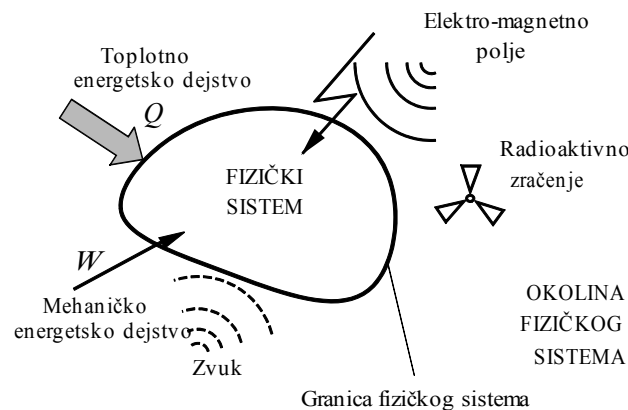


2. OSNOVNI POJMOVI

2.1 Fizika i termodinamika

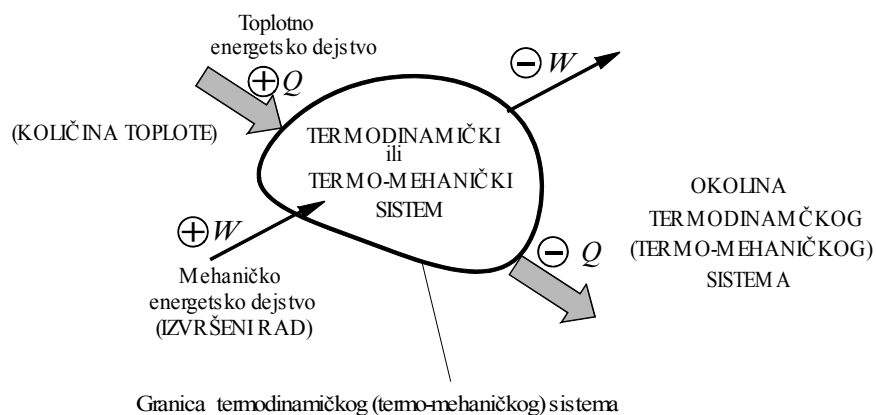
- **Fizika** – nauka koja se bavi izučavanjem procesa kretanja materije u svim njenim pojavnim oblicima. Kako je osnovna kvantitativna mera kretanja materije energija – fizika se bavi izučavanjem tokova energije, odnosno pretvaranjem jedne vrste energije u drugu.
- Materija – javlja se u dva pojavna oblika
 - Supstancija – poseduje masu mirovanja;
 - Fizičko polje – ne poseduje masu mirovanja, nego samo masu kretanja.
- Fizički sistem, okolina fizičkog sistema, uzajamna (međusobna) dejstva sistema i okoline



Slika 2.1 Fizički sistem, okolina fizičkog sistema, međusobna energetska dejstva sistema sa njegovom okolinom

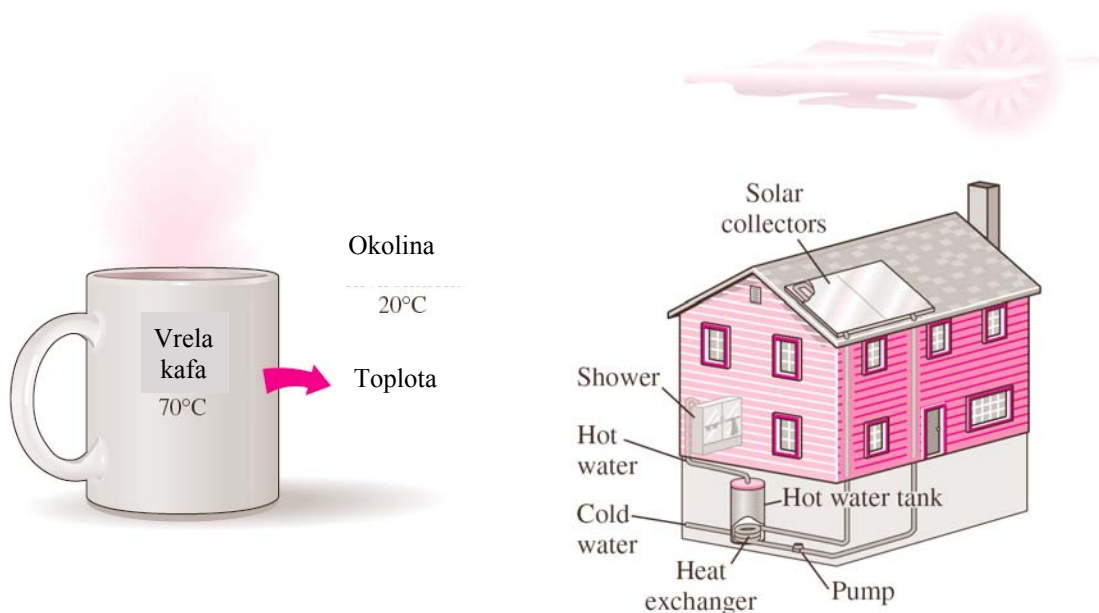
- Poznati vidovi energije
 - kinetička – makro kretanje tela
 - potencijalna – postoji ukoliko se materija nalazi u polju neke potencijalne sile, npr. gravitacione sile
 - unutrašnja – vezana za kretanje molekula ili drugih mikro čestica
 - električna energija – vezana za kretanje elektrona
 - magnetno-statička – vezana za kretanje fotona
 - hemijska – kretanje podatomskih čestica – elektrona, koji «održavaju» veze između molekula
 - elektromagnetna – kretanje fotona elektro-magnetnog zračenja
 - nuklearna kretanje podatomskih čestica – elektrona, koji «održavaju» veze atoma i podatomskih čestica.
 - energija elastičnih deformacija ...itd

- Međusobna energetska dejstva fizičkog sistema i okoline fizičkog sistema
 - energetska dejstvo gravitacionog polja,
 - energetska dejstvo elektromagnetnog polja,
 - energetska dejstvo radioaktivnog zračenja,
 - mehaničko energetska dejstvo,
 - toplotno energetska dejstvo ...
- Kada fizički sistem čini samo jedna supstancija, njeno stanje opisuje se fizičkim veličinama stanja
 - količinom radioaktivnosti,
 - količinom elektriciteta,
 - količinom magnetizma,
 - potencijalnom energijom,
 - kinetičkom energijom
 - unutrašnjom energijom,
 - temperaturom,
 - pritiskom,
 - zapreminom, ...
- Osnovni zadatak fizike: proučavanje promena stanja materije koje nastaju u međusobnim energetskim dejstvima fizičkog sistema i njegove okoline.
- Cilj fizike: određivanje zavisnosti promene fizičkih veličina stanja u funkciji međusobnih energetskih dejstva fizičkog sistema i njegove okoline.
- **Termodinamika** – jedna od grana fizike, koja se bavi izučavanjem energija, odnosno kretanja materije, pri čemu je to kretanje vezano za molekularni ili nivo drugih mikro čestica.



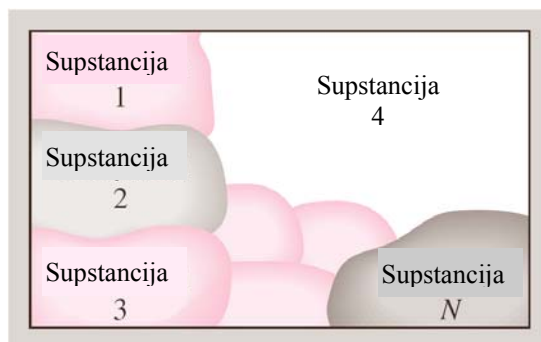
Slika 2.2 Termodinamički (termo-mehanički) sistem, okolina termodinamičkog sistema, toplotno i mehaničko energetska dejstva

- Samo dva oblika međusobnih energetskega dejstva kod termodinamičkih sistema i njegove okoline
 - Toplotno energetskega dejstvo (količina toplote)
 - Mehaničko energetskega dejstvo (izvršeni rad)
- Termodinamičko stanje supstancije opisuje se termodinamičkim veličinama stanja:
 - temperatura supstancije
 - pritisak fluida
 - zapremina supstancije
 - unutrašnja energija supstancije
 - entalpija supstancije
 - kinetička energija supstancije
 - potencijalna energija supstancije

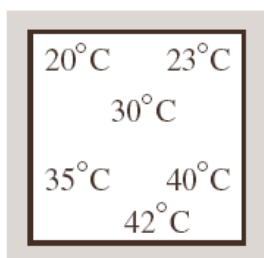


Slika 2.3 Primeri termodinamičkog sistema

- Ograničenja – **kontinuum** prostora – termodinamički sistemi moraju u potpunosti da budu ispunjeni supstancom (jednom ili njih više) - u njemu ne smeju da postoje „rupe“ u kojima nema supstancije.
 - moraju da sadrže **dovoljno velik broj čestica** (molekula), kako bi mogli da važe zakoni verovatnoće i statistike. Iz istih razloga, oni ne smeju biti ni preterano velikih (galaktičkih) dimenzija (vidi I postulat termodinamike).
 - termodinamički sistem se može sastojati iz jedne ili više supstancija – tzv. radnih supstancija (fluida, tela, podсистема ...), pri čemu se svaka supstanca mora nalaziti u tzv. ravnotežnom stanju – **termodinamika ravnotežnih stanja**.

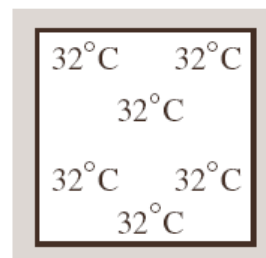


Slika 2.4. Primer termodinamičkog sistema koji se sastoji od više supstancija (podсистема)



Slika 2.5.a

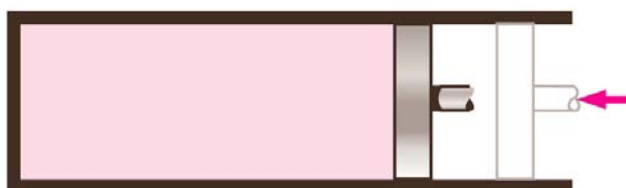
Neravnotežno stanje supstancije – neuniforma raspodela temperatura supstancije $T = f(x, y, z, t)$



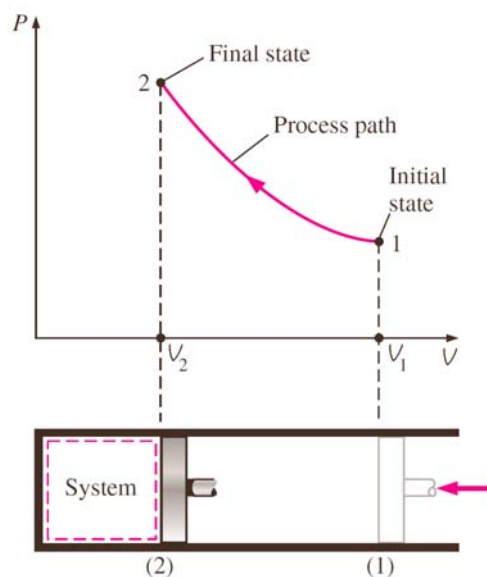
Slika 2.5.b

Ravnotežno stanje supstancije – uniforma raspodela temperatura supstancije $T = f(t)$

- Osnovni zadatak termodinamike: proučavanje promena stanja supstancije koje nastaju u međusobnim termo-mehaničkim dejstvima termodinamičkog sistema i njegove okoline, sa ciljem određivanja međusobnih funkcionalnih zavisnosti.
- **Termodinamički proces** – Svaka promena stanja (veličina stanja) termodinamičkog sistema naziva se termodinamički proces. Ovi procesi mogu biti **prividno ravnotežni (kvazistatični)** ili **neravnotežni (nekvazistatični)**.
- Svi realni procesi su neravnotežni.
- **Prividno ravnotežni procesi** se sastoje od „niza“ ravnotežnih stanja.

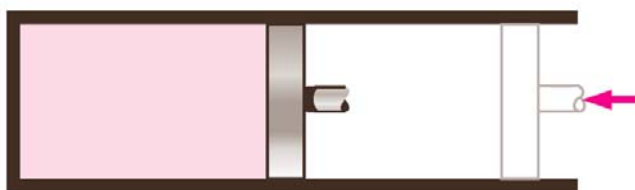


Slika 2.6 Sporo sabijanje gasa – prividno ravnotežan proces



Slika 2.7 Prikaz (prividno) ravnotežnog procesa u p - v koordinatnom sistemu

- **Neravnotežni procesi** – tokom procesa supstancija (sistem) se nalazi u neravnotežnim stanjima



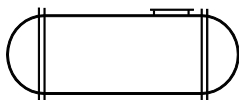
Slika 2.8 Brzo sabijanje gasa – neravnotežan proces

2.2 Podela termodinamičkih (termo-mehaničkih) sistema

- **Prema osobinama granice sistema:**

- **ZATVORENI TDS** – granice sistema ne dozvoljavaju razmenu supstance sa okolinom

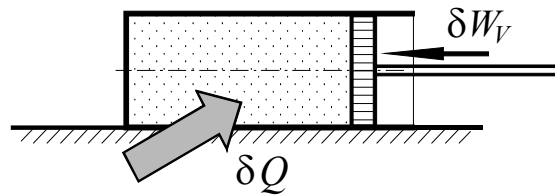
- Nepokretni sistem sa nepokretnim granicama (npr. rezervoar)



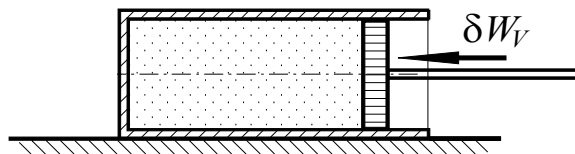
- Pokretni sistem sa nepokretnim granicama (npr. kamion cisterna)



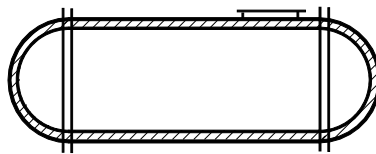
- Nepokretni sistem sa pokretnim granicama sistema (npr. cilindar sa klipom)



- Toplotno izolovan TDS – adijabatski – granice sistema ne dozvoljavaju razmenu toplote sa okolinom

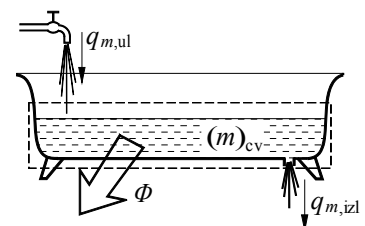
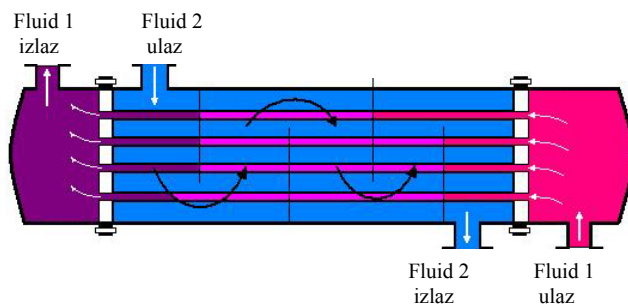
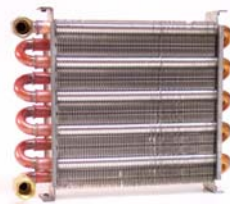
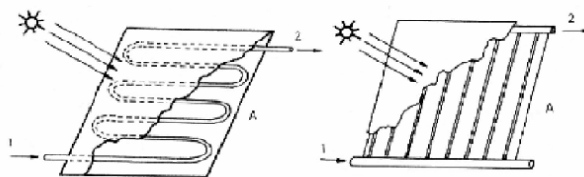


- Izolovan termodinamički sistem – granice sistema onemogućuju razmenu energije sa okolinom (npr. toplotno izolovani rezervoar)

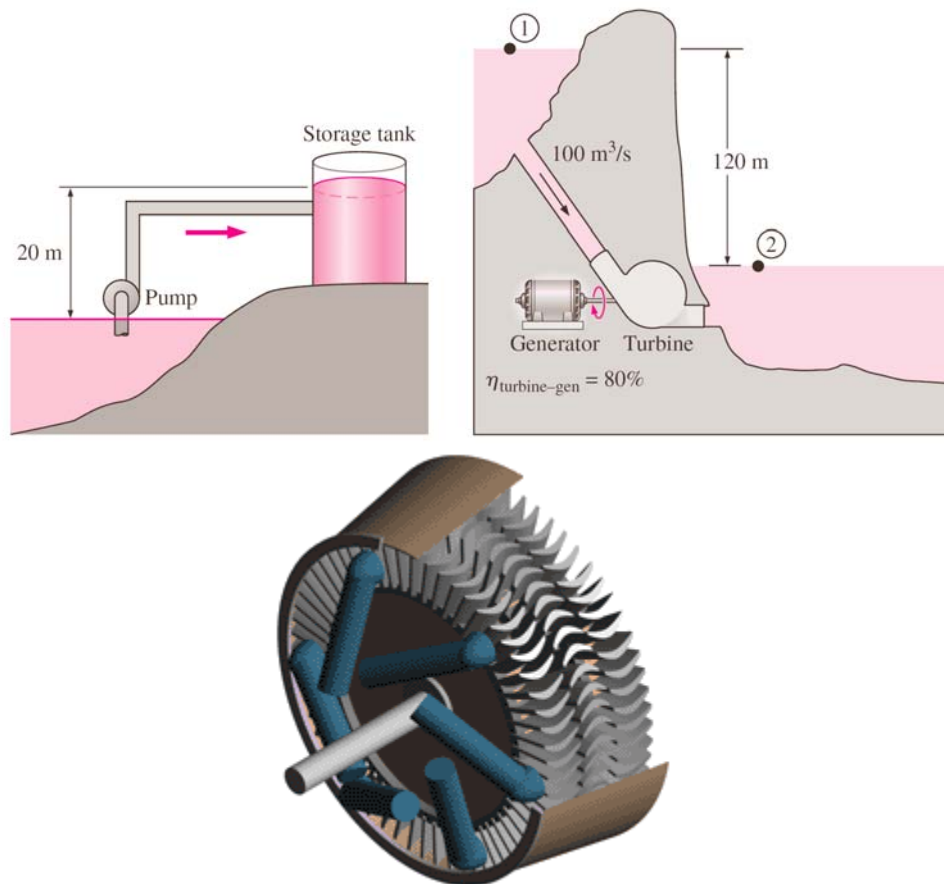


– OTVORENI TDS ILI KONTROLNA ZAPREMINA

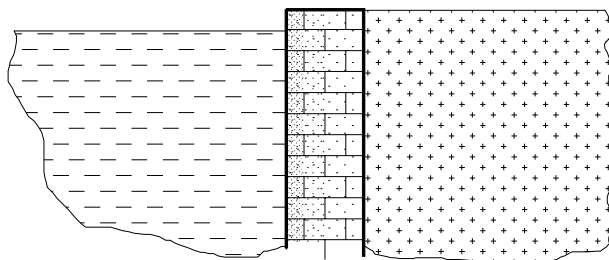
- **Protočni TDS** – granice sistema dozvoljavaju makroskopski protok supstancije (fluida) – (npr. prijemnici sunčeve energije, radijatori, hladnjaci motora, predajnici toplote ...)



- **Adijatermi TDS** – protočni, toplotno izolovani TDS (npr. pumpe, vodene turbine, parne turbine)



- **Difuzioni TDS** - granice sistema dozvoljavaju samo mikroskopski protok supstancije (fluida) – npr. difuzija vlage kroz zid.



- **Prema hemijskom sastavu i agregatnom stanju supstancije**

- **Homogeni TDS** – termodinamički sistemi koji u okviru svojih granica imaju isti hemijski sastav, fizička svojstva, pa i vrednosti veličina stanja. „Matematički“ posmatrano, osnovna karakteristika svakog homogenog sistema je nezavisnost skalarnog polja od koje fizičke veličine od koordinata. (U širem smislu, pod homogenim sistemom termodinamički sistemi mogu se podrazumevati i oni sistemi kod kojih se hemijski sastav, fizička svojstva i ostale veličine stanja supstance menjaju kontinualno, tj. bez skokovitih promena)

- **Heterogen TDS** – termomehanički sistem koji se sastoji iz 2 ili više homogenih oblasti – faza (Gibsovo pravilo faza)
 - Različite faze razdvojene su granicom faza ili faznom površi na kojoj obično dolazi do skokovite promene hemijskog sastava, fizičkih osobina i vrednosti veličina stanja:
 - po hemijskom sastavu
 - po agregatnom stanju
- Primeri – voda + led – heterogen sistem,
 – voda + ulje – heterogen sistem,
 – smeša gasova – višekomponentni homogen sistem.

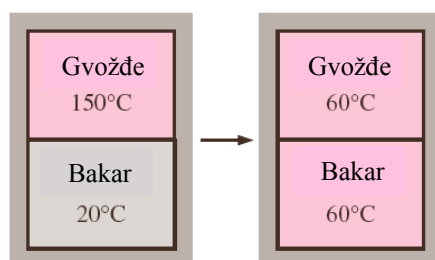
2.3 Postulati termodinamike

- Čitava termodinamika zasniva se na 2 postulata i 3 zakona.

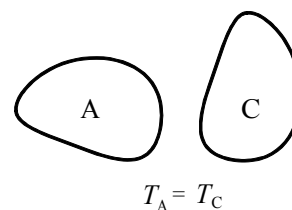
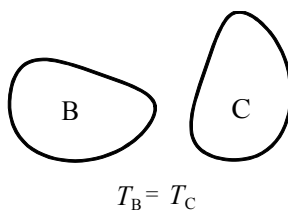
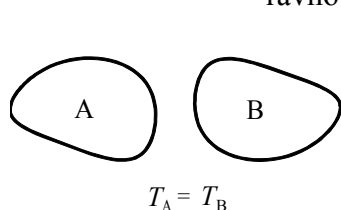
I POSTULAT **Izolovani** sistem posle izvesnog vremena uvek, spontano prelazi u stanje termodinamičke ravnoteže. Dostignuto ravnotežno stanje **izolovanog termodinamičkog sistema** ne može se poremetiti. (Vreme potrebno da termodinamički sistem pređe u stanje **termodinamičke ravnoteže** naziva se vreme relaksacije.)

Termodinamička ravnoteža podrazumeva mehaničku, temperaturnu i hemijsku ravnotežu (uniformnost polja pritiska, polja temperature i hemijskog sastava).

- mehanička – ravnomerna raspodela pritiska u fluidu postiže se gotovo trenutno,
- termička – za dostizanje ravnomerne raspodele temperatura u supstanciji potrebno je od nekoliko sekundi do nekoliko sati,
- hemijska – za dostizanje ravnomernog sastava supstancije potrebno je od nekoliko sekundi do nekoliko vekova.



II POSTULAT (Nulti Princip termodinamike) Ukoliko se telo A nalazi u temperaturskoj ravnoteži sa telom B i ako je telo B u temperaturskoj ravnoteži sa telom C, onda se i telo A i telo C nalaze u temperaturskoj ravnoteži.



- | | |
|-------------|--|
| I PRINCIP | Zakon o održanju energije – npr. „Promena energije izolovanog sistema jednaka je nuli.“
– Kvantifikuje energiju. |
| II PRINCIP | Pored kvantiteta u razmatranje se uvodi i kvalitet energije – npr. „Svi procesi se odvijaju u pravcu smanjenja kvaliteta energije.“
– Određuje jedino mogući smer odvijanja procesa (npr. proces hlađenje kafe) |
| III PRINCIP | npr. „Nikakvim načinima telo se ne može ohladiti do apsolutne nule.“ ili „Apsolutna nule je nedostižna.“,
– Uglavnom se koristi u teorijskoj termodinamici. |

- Ekstenzivne veličine stanja (njihova vrednost zavisi od količine (mase) supstancije)
 - zapremina supstancije V [m³]
 - unutrašnja energija supstancije U [J]
 - entalpija supstancije H [J]
 - entropija supstancije S [J/K]

Za razliku od intenzivnih, ekstenzivne veličine stanja poseduju osobinu aditivnosti.

Dopuske podele:

- Specifične veličine stanja – ekstenzivne veličine stanja prevodimo u specifične tako što ih podelimo sa masom ogovarajuće supstancije – svedemo ih na 1 kg.
 - specifična zapremina supstancije $v = \frac{V}{m}$ [m³/kg]
 - specifična unutrašnja energija supstancije $u = \frac{U}{m}$ [J/kg]
 - specifična entalpija supstancije $h = \frac{H}{m}$ [J/kg]
 - specifična entropija supstancije $s = \frac{S}{m}$ [J/(kg K)]
- Molarne veličine stanja – ekstenzivne veličine stanja prevodimo u molarne tako što ih podelimo sa količinom ogovarajuće supstancije – svedemo ih na 1 mol.
 - molarna zapremina supstancije $V_m = (Mv) = \frac{V}{n}$ [m³/mol]
 - molarna unutrašnja energija supstancije $U_m = (Mu) = \frac{U}{n}$ [J/mol]
 - molarna entalpija supstancije $H_m = (Mh) = \frac{H}{n}$ [J/mol]
 - molarna entropija supstancije $S_m = (Ms) = \frac{S}{n}$ [J/(mol K)]