

ТЕРМОЕНЕРГЕТИКА

Drugi zakon termodinamike



Spontani procesi

Spontani procesi su oni koji se dešavaju sami od sebe, bez intervencije spolja bilo koje vrste.

Na osnovu iskustva zaključujemo da je uzrok svih spontanih procesa nepostojanje termodinamičke ravnoteže. Njihova bitna karakteristika je da se oni u početno (neravnotežno) stanje ne vraćaju spontano tj. bez spoljne intervencije, drugim rečima spontani procesi su termodinamički ireverzibilni.

Spontani procesi su **ireverzibilni**, tj. **nepovratni procesi**.

Svi procesi u prirodi su spontani i ireverzibilni!

Spontanost procesa predstavlja tendenciju sistema da se približava stanju termodinamičke ravnoteže.

Procesi u kojima sistem, prolazeći kroz neravnotežna stanja, dolazi u stanje ravnoteže i procesi trenja su nepovratni.

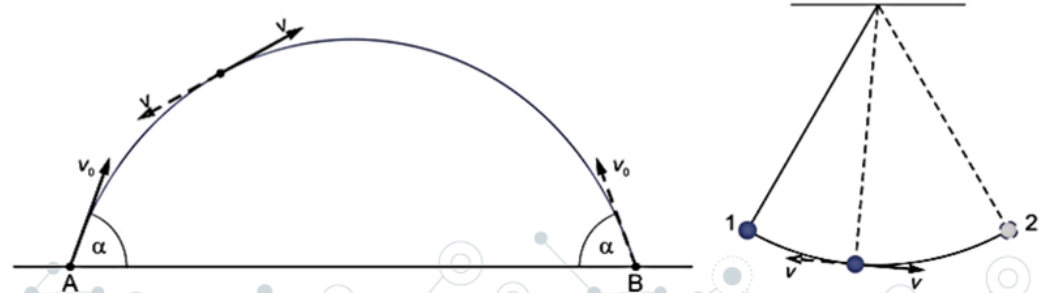
Povratni i nepovratni procesi

Proces je povratni ako zadovoljava sledeće uslove:

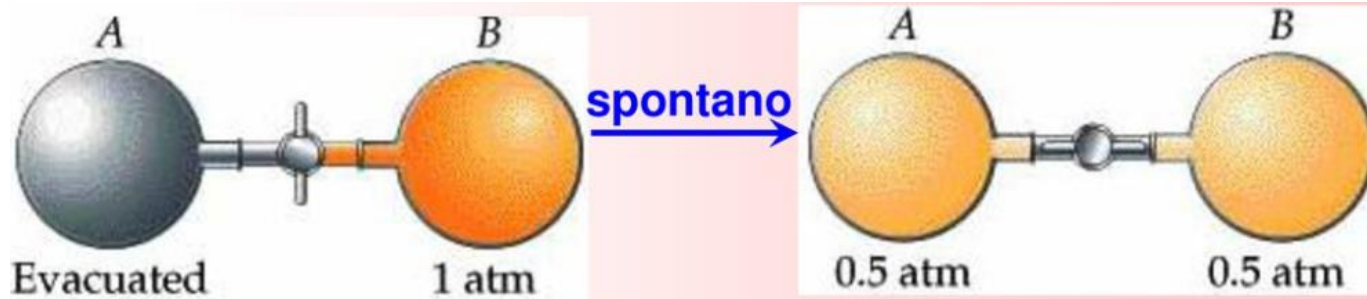
- može se izvoditi i u jednom i u drugom smeru;
- u svakom smeru sistem prolazi kroz ista stanja;
- po povratku sistema u početno stanje nema nikakvih promena ni u sistemu ni u okolini.

Mehanička kretanja, u odsustvu trenja, su **reverzibilni** ili **povratni procesi**.

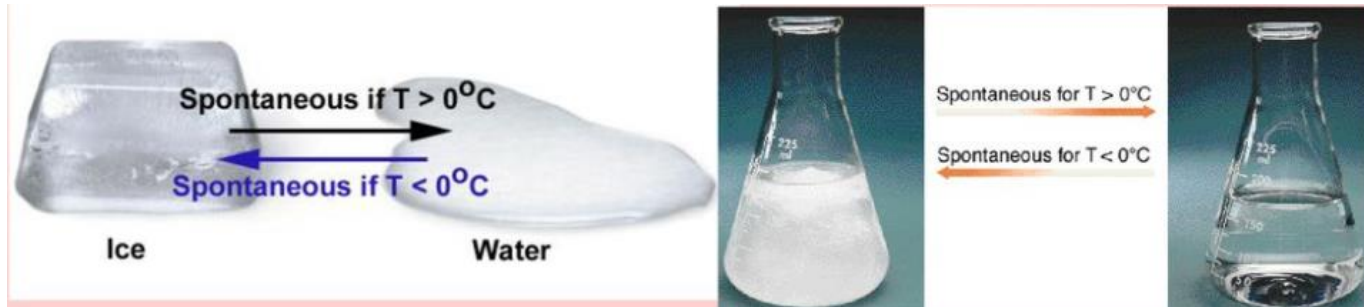
Na primer, kretanje tela bačenog ukoso sa Zemlje pod uglom α ili kretanje matematičkog klatna.



Spontani procesi



Gasovi se šire iz oblasti višeg u oblast nižeg pritiska

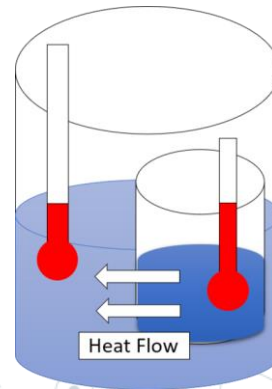
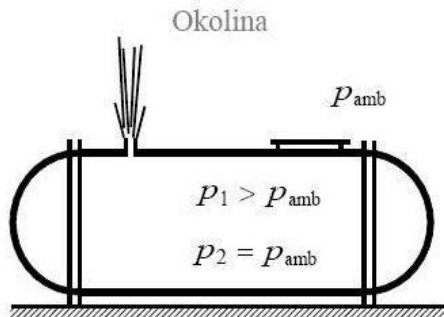


Procesi spontani pri datim uslovima samo u jednom smeru, a ne i u obrnutom.

Nepovratni procesi

Primeri procesa koji se odigravaju u određenom smeru:

- Šolja tople kafe ostavljena u hladnoj sobi će se ohladiti
- Voda teče nadole
- Gvožđe postepeno rđa ali nikada se ne izdvaja Fe i O₂
- Toplota uvek prelazi iz oblasti više temperature u oblast niže temperature



Neki pojmovi...

- Toplotni rezervoar
- Toplotna mašina
- Kružni proces



Toplotni rezervar

Pod **toplotnim rezervoarom** podrazumeva se zatvoreni sistem kroz čije granice se sa okolinom razmenjuje samo toplota (npr. atmosfera, jezera, okeani).

Toplotni rezervar sadrži beskonačno veliku količinu unutrašnje energije.

Kad se toplota odovodi iz toplotnog rezervoara tada se on naziva **toplotni izvor** ili zagrejač, a ako se toplota dovodi toplotnom rezervoaru **toplotni ponor** ili hladnjak.

Temperatura toplotnog rezervoara, zbog velike mase, smatra se nepromenljivom.

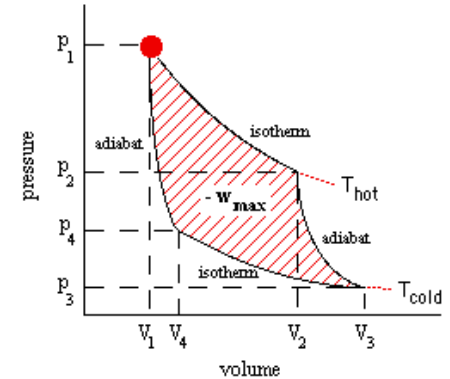
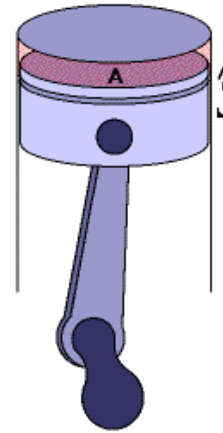


Toplotna mašina

Pod **toplotnom mašinom** podrazumeva se uređaj koji radi kontinualno i u kome se ostvaruje kružni proces – termodinamički ciklus.

Realne toplotne mašine rade tako da se pretvaranje toplote u mehanički rad vrši kroz **cikličnu promenu**.

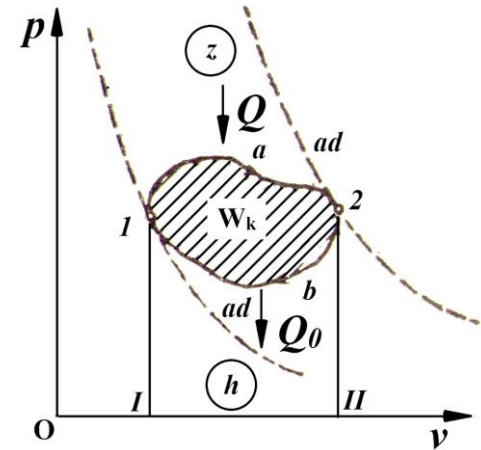
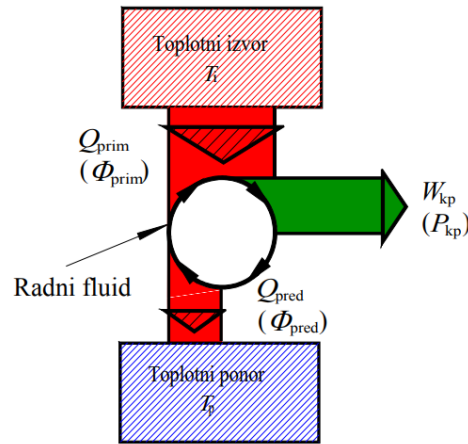
Namena toplotne mašine je pretvaranje toplotne energije u mehanički rad.



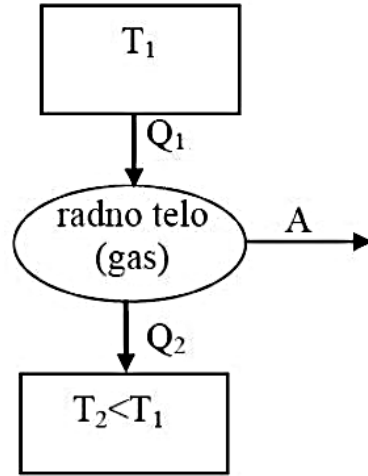
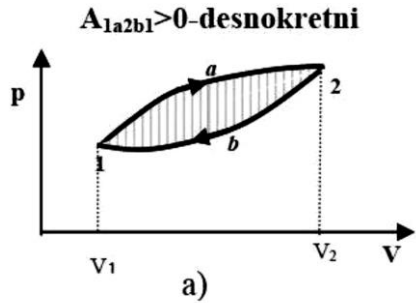
Kružni proces

Kružni proces (ciklus) nastaje tako što se radno telo nakon određenih promena stanja, povratnih ili nepovratnih, vraća u isto početno ravnotežno stanje.

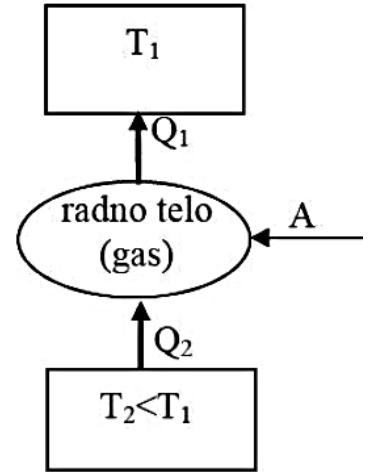
Činjenica da se radno telo u kružnom procesu uvek vraća u prvobitno stanje nije nikakav znak za povratnost tog procesa, pa se moraju razlikovati pojmovi povratnosti i nepovratnosti od pojma kružnog procesa.



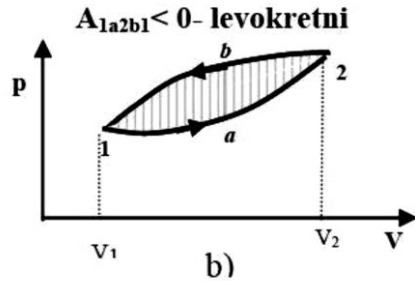
Desnokretni i levokretni kružni proces



Desnokretni ciklus
(toplotna mašina)



Levokretni ciklus
(rashladna mašina)



Prvi i drugi zakon termodinamike

Prvi zakon termodinamike definiše energijske karakteristike termodinamičkog procesa sa stanovišta zakona održanja energije. Pri tome se, međutim, ne razmatra mogući smer toplotne razmene.

Prvi zakon termodinamike ne može da odgovori na pitanje da li je proces moguć ili ne i u kom smeru će se odvijati.

Po prvom zakonu termodinamike bi bilo moguće da na račun unutrašnje energije voda teče uzbrdo.

Takođi bi npr. u ravnomerno zagrejanom telu mogla toplota da pređe sa jednog kraja na drugi, odnosno da jedan deo postane topliji od drugog za odgovarajuću količinu toplote.

Dakle, prvi zakon termodinamike ne daje dovoljne kriterijume za pretvaranje jednog oblika energije u drugi.

Prvi i drugi zakon termodinamike

Drugi zakon termodinamike daje kriterijume za mogućnost odigravanja nekog procesa, odnosno verovatnoću odigravanja tog procesa.

O smeru toplotne razmene govori drugi zakon termodinamike.

Drugi princip termodinamike govori o uslovima koje treba ispuniti za transformaciju jednog oblika energije u drugi.

Postoje ograničenja pri transformaciji toplotne energije u mehaničku.

Drugi zakon termodinamike

Clausiusov postulat:

Toplota nikada ne može da prelazi sama od sebe sa toplotnog izvora niže temperature na toplotni izvor sa višom temperaturom.

Max Planck:

Nije moguće sagraditi mašinu sa periodičnim dejstvom, koja bi podizala teret i hladila izvor toplote.

Wilhelm Ostwald:

Nemoguće je stvoriti perpetuum mobile druge vrste, tj. mašinu koja bi pretvarala celokupnu, raspoloživu količinu toplote u mehanički rad, a da se pri tome, ne dešavaju neke promene na drugim telima koje okružuju tu mašinu, odnosno mašinu koja bi kompletnu količinu toplote u rad.

Pojam entropije

Drugi zakon termodinamike uvodi entropiju kao veličinu stanja radnog tela - S [kJ/K], s [kJ/kgK].

Entropija (S) je veličina stanja koja je mera rasipanja energije unutar termodinamičkog sistema usled razmene toplote.

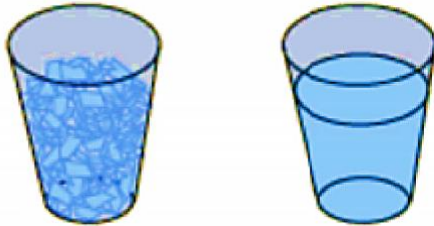
Entropija je težnja sistema da spontano pređe u stanje veće neuređenosti, dakle, ***entropija je mera neuređenosti sistema.***

Entropija je mera mnoštva načina kojima je moguće postići određeno stanje objekta.

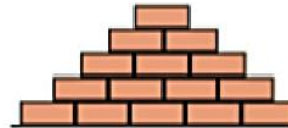
Fizička suština entropije: pokazuje **pravac odvijanja stvarnih procesa.**

Pojam entropije

Koja je više poremećena? Čaša sa komadićima leda ili čaša vode?



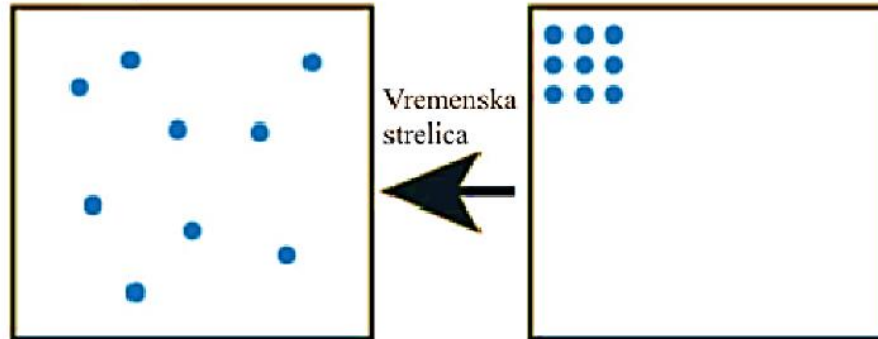
Ukoliko bi bacali cigle sa kamiona, koju gomilu cigala bi verovatnije napravili?



Nered je verovatniji od reda.



Ako čestice predstavljaju molekule gasa na normalnoj temperaturi unutar zatvorenog kontejnera, koja je od ilustrovanih konfiguracija nastala prva?



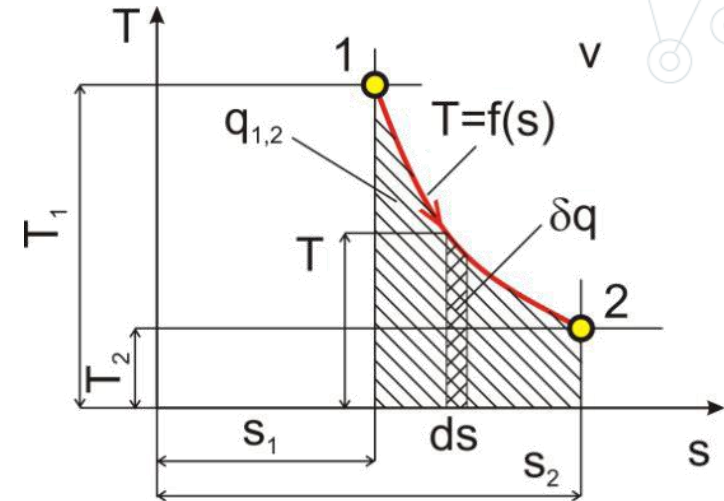
Matematički izraz drugog zakona termodinamike

Korisno je za termodinamička razmatranja uvesti tzv. *toplotni*, odnosno *T-s dijagram*.

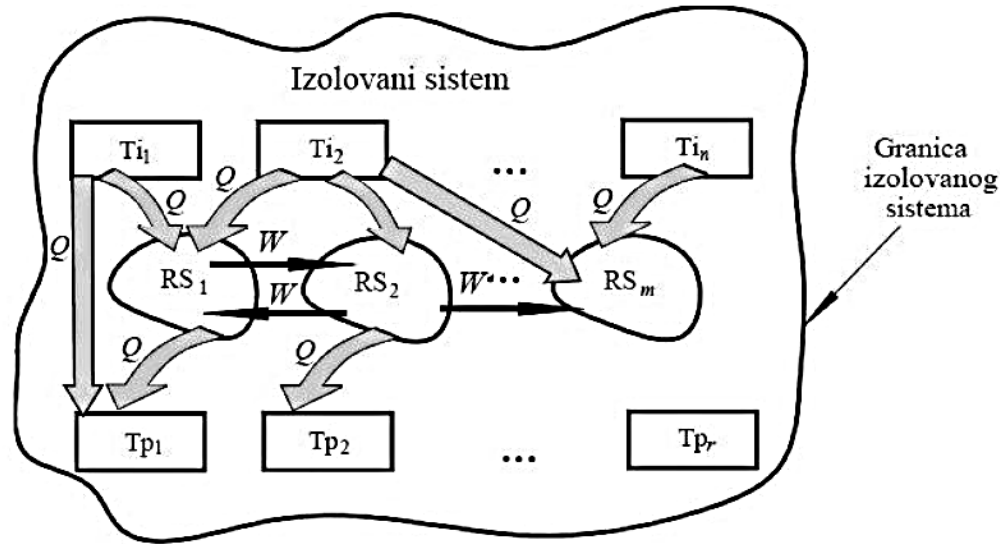
Matematički izraz drugog zakona termodinamike:

$$Q_{12} = \int_1^2 T \cdot dS$$

$$\delta Q = T \cdot dS$$



Analitička formulacija drugog zakona termodinamike za zatvoren (izolovan) termodinamički sistem



$$\Delta S_{is} = \sum_{i=1}^n \Delta S_{ti} + \sum_{i=1}^m \Delta S_{rs} + \sum_{i=1}^k \Delta S_{tp}$$

Definicije drugog zakona termodinamike

Jedna od formulacija drugog zakona termodinamike glasi:

Prepušten sam sebi, zatvoren i toplotno izolovan termodinamički sistem, prelazi iz manje verovatnog u više verovatno stanje.

Drugi zakon termodinamike glasi:

Promena entropije izolovanog sistema uvek ili veća ili jednaka nuli.

$$dS_s \geq 0$$

Izolovan sistem je sistem kod koga ne postoji nikakva razmena energije sa okolinom. Promena entropije izolovanog sistema ni u kom slučaju ne može biti manja od nule.

Izolovani sistem sastoji se iz radne materije (supstance) i toplotnih rezervoara.

Povratni i nepovratni procesi

Povratni procesi

Kod povratnog procesa sistem može da se vrati u početno stanje duž iste putanje.

$$dS_s = 0$$

Nepovratni procesi

Većina procesa u prirodi su nepovratni procesi.

$$dS_s > 0$$