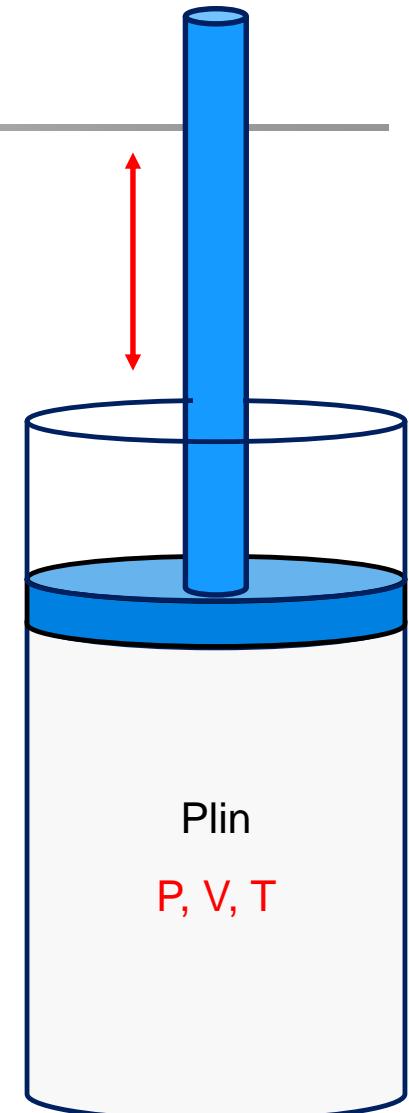
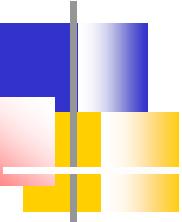


Termodinamički zakoni

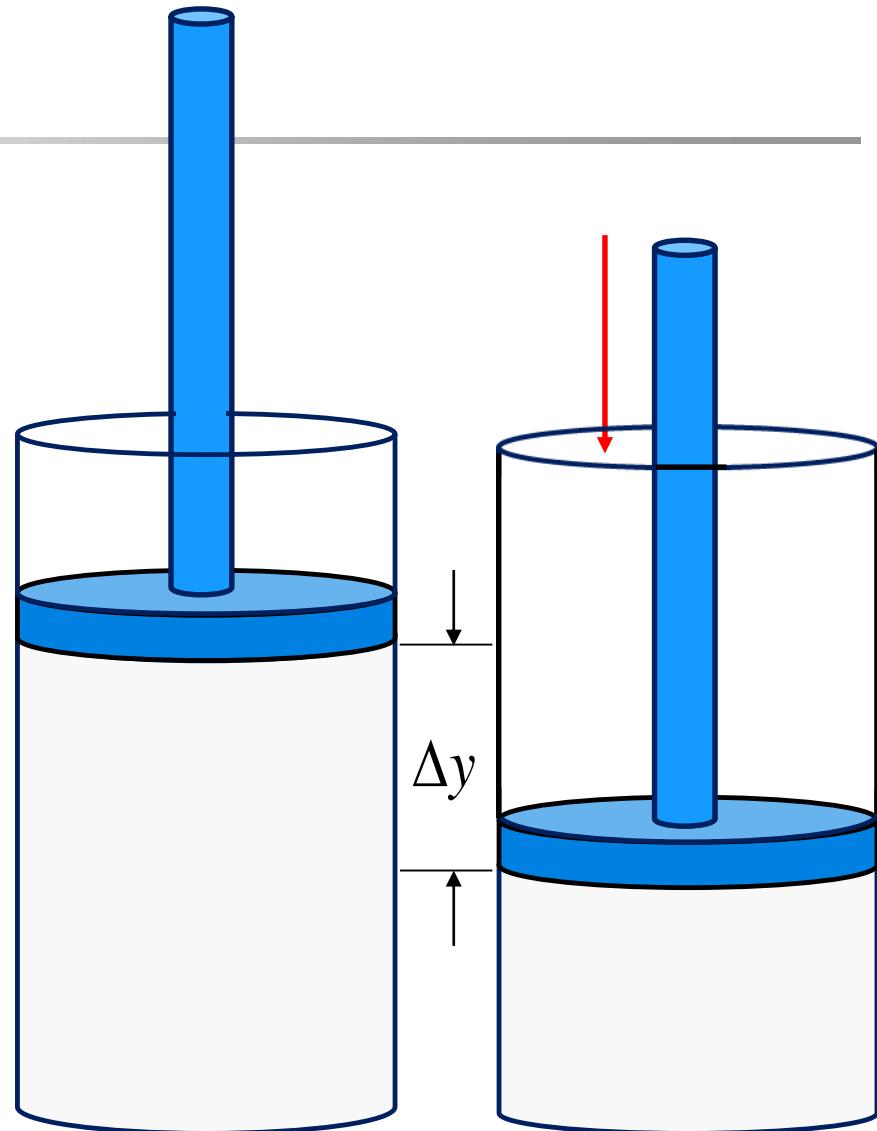
- Stanje sistema
 - Opisano je preko *varijabli stanja*
 - tlak
 - volumen
 - temperatura
 - unutrašnja energija
 - *Makroskopsko stanje* izoliranog sistema može se specificirati jedino ako je sistem u unutrašnjoj termalnoj ravnoteži
- Rad je jedan od oblika prijenosa energije u termodinamčkim sustavima
- Toplina je kao i rad oblik prijenosa energije
- Primjer: spremnik plina s pomičnim poklopcom
 - Plin zauzima volumen V i stvara tlak P na zidove cilindra i poklopac



Termodinamika

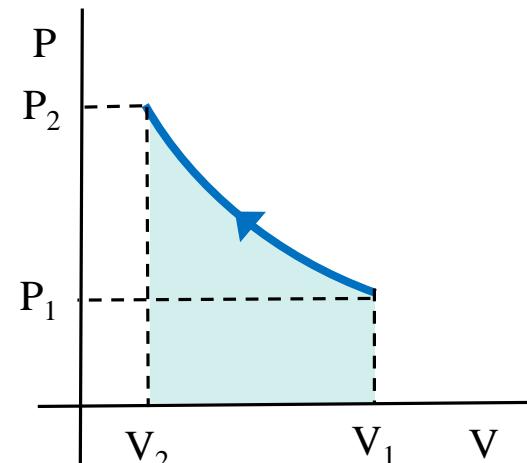
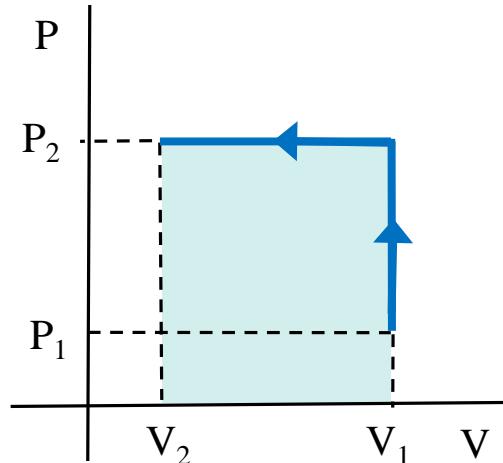
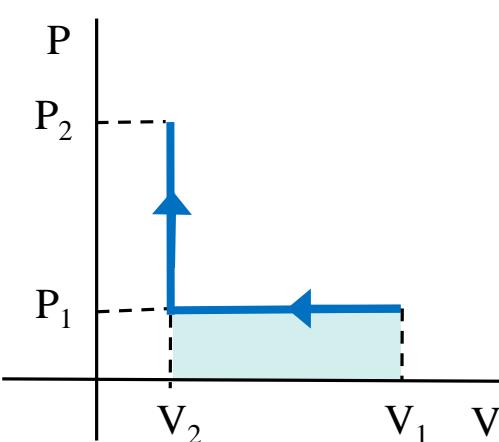
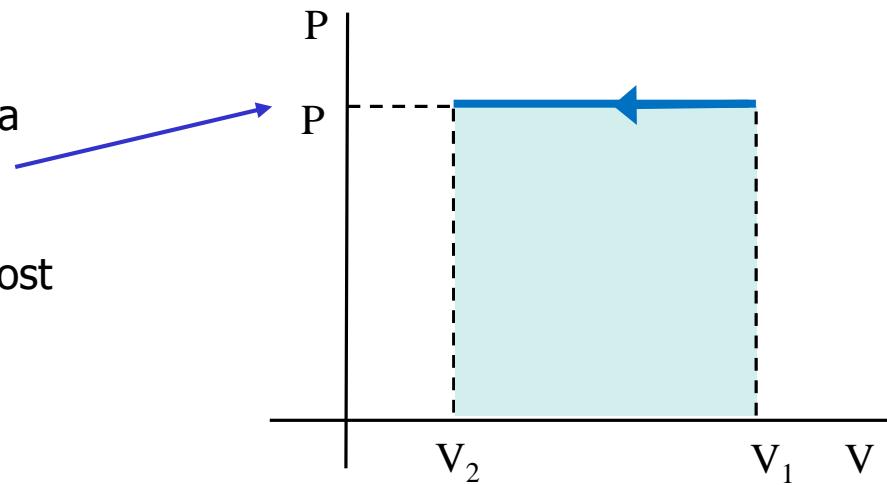


- Silom djelujemo da komprimiramo plin
 - Proces je dovoljno spor da sistem ostaje u toplinskoj ravnoteži
- $W = - P \Delta V$
 - Ovo je rad **na plin**
- Kad je plin komprimiran
 - ΔV je negativan
 - Rad na plin je pozitivan
- Kad plin ekspandira
 - ΔV je pozitivan
 - Rad na plin je negativan
- Kad je volumen konstantan
 - Nema rada na plin

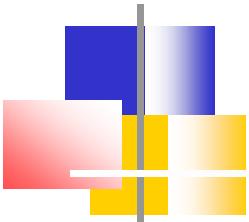


Termodinamika

- Ako tlak ostaje konstantan za vrijeme ekspanzije ili kompresije, proces se naziva **izobaran** proces
- Rad na plin koji mu mijenja stanje iz početnog u konačno je negativna vrijednost površine ispod krivulje u PV dijagramu
 - Ovo je istinito bez obzira ostaje li tlak konstantan ili ne



Termodinamika



Izovoluman

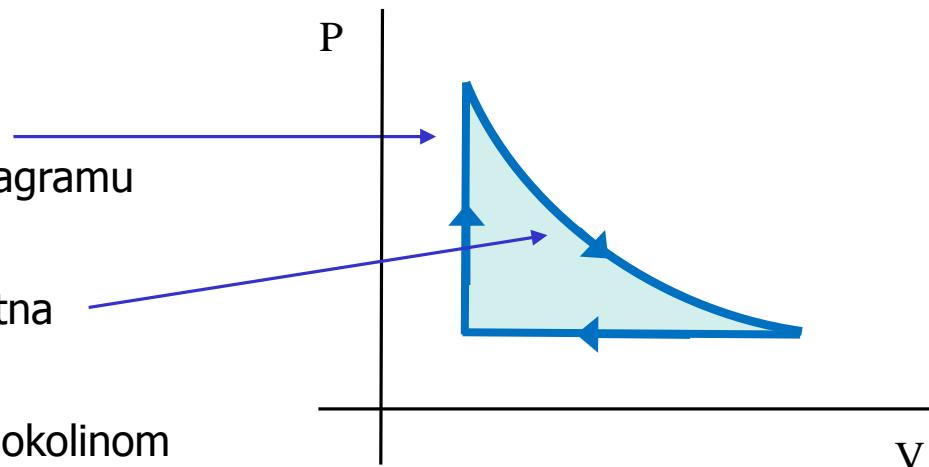
- Volumen je konstantan
- Vertikalna linija u PV dijagramu

Izoterman

- Temperatura je konstantna

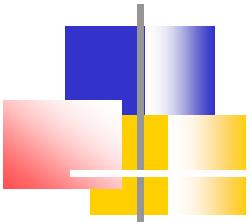
Adijabatski

- Nema izmjene topline s okolinom

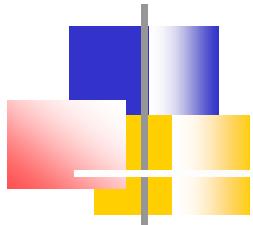


Kružni procesi su oni u kojima se sistem vraća u početno stanje:

- *Povratan (reverzibilan)* je onaj koji se može odvijati u oba smjera preko istih međustanja
 - U ovom slučaju sistem iz početnog do konačnog stanja prolazi kroz niz beskonačno bliskih stanja
- *Nepovratan (ireverzibilan)* proces je onaj za kojeg ovo ne vrijedi
 - Većina procesa u prirodi su ireverzibilni
 - Reverzibilni procesi su idealizacija, ali nekim realnim procesima su aproksimacija



- *Unutrašnja energija*, U , je energija povezana s mikroskopskim komponentama sistema
 - Uključuje kinetičku i potencijalnu energiju povezanu s nasumičnim translacijskim, rotacijskim i vibracijskim gibanjem atoma i molekula
 - Uključuje intermolekularnu potencijalnu energiju
- *Toplina* je prijenos energije između sistema i njegove okoline zbog temperaturne razlike između njih
 - Q reprezentira količunu energije prenesenu toplinom između sistema i njegove okoline
- $Q = m c \Delta T$
 - ΔT je uvijek konačna temperatura minus početna temperatura
 - Kad **temperatura raste**, ΔT i Q su pozitivni i energija ulazi u sistem
 - Kad **temperatura pada**, ΔT i Q su negativni i energija izlazi iz sistema
- Svaka tvar zahtijeva jedinstvenu količinu energije po jedinici mase da bi joj se temperatura promijenila za $1^\circ C$
- *Specifična toplina tvari*, c , je mjera ove količine [Jedinica Joule/kg $^\circ C$ (J/kg $^\circ C$)]

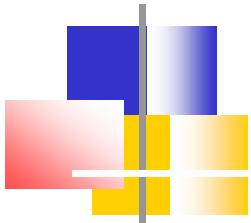


Primjer: Koliku količinu energije preda okolini 10kg vode kad se ohladi s 30°C na 20°C?
Specifična toplina vode je $c_v = 4180\text{J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$.

$$Q = mc_v(T_2 - T_1) = -10\text{kg} \cdot 4180\text{J}(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})^{-1} \cdot 10^\circ\text{C} = -418\text{kJ}$$

	c $\text{J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$
voda	4180
aluminij	900
bakar	390
srebro	240
zlato	130

Termodinamika

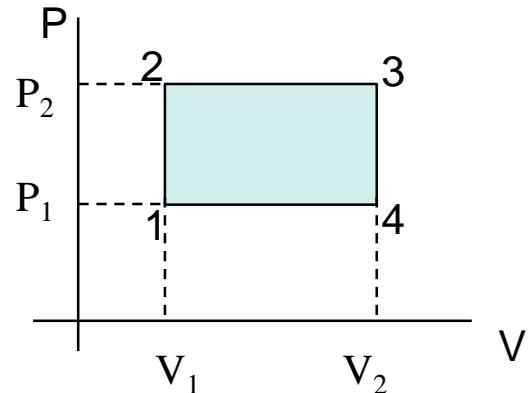


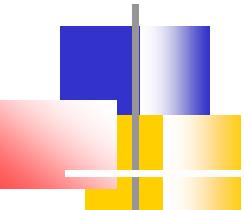
Pitanja:

1. Specifična toplina etilnog alkohola je dva puta manji od specifične topline vode. Ako jednakim masama vode i alkohola, u odvojenim vatrostalnim čašama, dovedemo istu količinu topline, omjer promjena temperatura etilnog alkohola i vode bit će

- (1) $1/2$ (2) 2 (3) $2/3$ (4) 4 (5) 1

2. Odredite rad u procesu



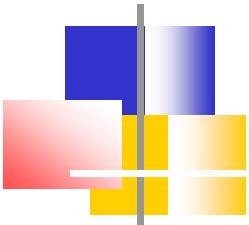


Prvi zakon termodinamike

- Odnos između U , W , i Q može se izraziti na sljeći način

$$\Delta U = Q + W$$

- Promjena unutrašnje energije sistema je jednaka sumi energije izmijenjene između sistema i okoline toplinom i radom.
- *Izoliran sistem* ne interagira sa svojom okolinom
 - Nema prijenosa energije toplinom i nema rada
 - Zato je unutrašnja energija izoliranog sistema konstantna
- Prvi zakon je generalni izraz za zakon sačuvanja energije
- Prvi zakon može se primijeniti na žive organizme
- Unutrašnja energija čovjeka prelazi u druge oblike energije potrebne organima i u rad i toplinu
- *Metabolički omjer* ($\Delta U / \Delta T$) je proporcionalan unosu kisika po volumenu
 - Metabolički omjer za održavanje rada organa je oko 80 W
 - Bičiklistička trka 1600 W



- Kemijske procese najčešće promatramo pri uvjetima konstantna tlaka. Definiramo funkciju stanja, **entalpiju**

$$H = U + pV$$

- U slučaju izobarnog procesa toplina koju sustav primi iz okoline je jednaka promjeni entalpije sustava

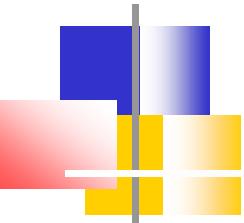
$$Q = \Delta H$$

Primjer: Ako toplinom dovedemo 500 J energije idealnom plinu koji ekspandira od 0.2 m^3 na 0.3 m^3 pri konstantnom tlaku od 4000 Pa, kolika je promjena unutrašnje energije?

$$\begin{aligned} W &= -P\Delta V = -P(V_f - V_i) = -4000 \text{ Pa}(0.3\text{m}^3 - 0.2\text{m}^3) \\ &= -400 \text{ J} \end{aligned}$$

$$Q = \Delta U - W$$

$$\Delta U = Q + W = 500 \text{ J} - 400 \text{ J} = \underline{\underline{100 \text{ J}}}$$



Drugi zakon termodinamike

Nemoguć je proces u kojem toplina spontano prelazi iz spremnika niže temperature u spremnik više temperature.

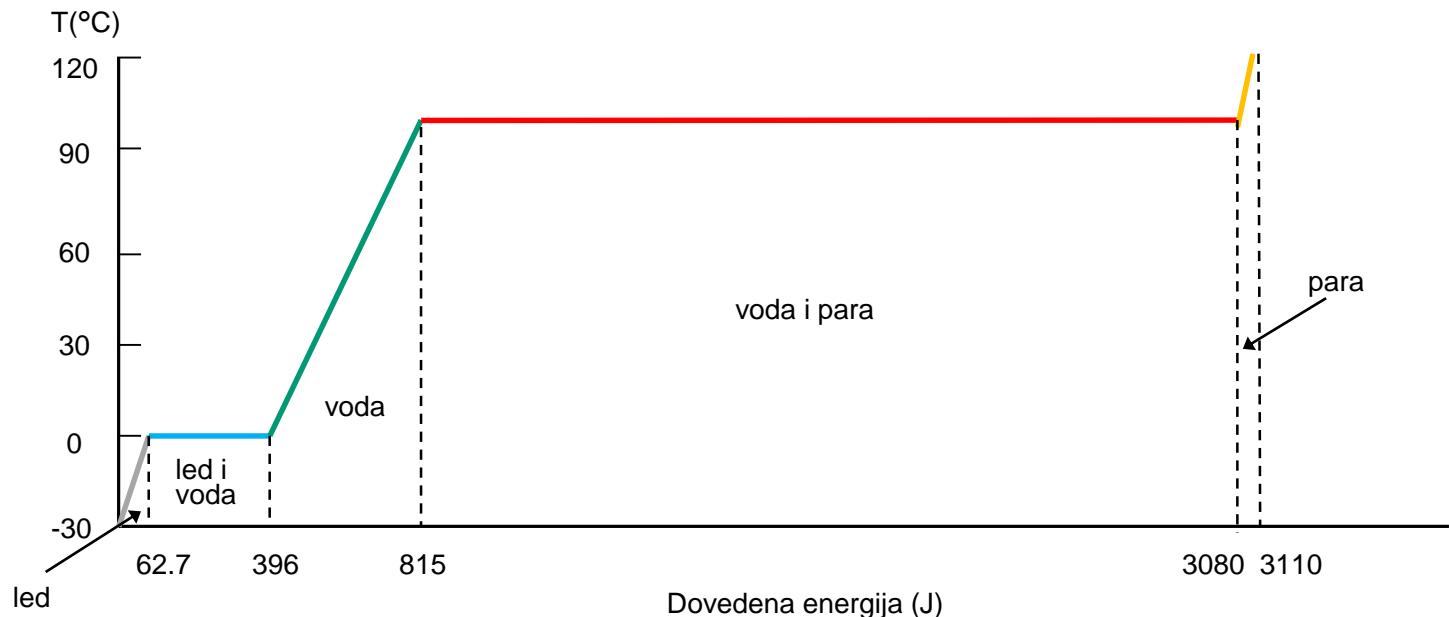
- Funkcija stanja povezana s drugim zakonom termodinamike je **entropija**
- Promjena entropije, ΔS , između dva ravnotežna stanja jednaka je energiji, Q_r , koja se prenese pri reverzibilnom procesu podjeljenoj s temperaturom, T , sistema

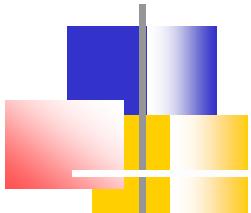
$$\Delta S = \frac{Q_r}{T}$$

- Entropija se može opisati preko nereda
- Neuređeno stanje je mnogo vjerojatnije nego uređeno
- Izolirani sustavi teže većem neredu, a entropija je mjera tog nereda
 - $S = k_B \ln W$
 - W je broj različitih mikrostanja čestica kojima se može ostvariti promatrano makroskopsko stanje sustava
 - Entropija je veća što je veći nered

Fazni prijelazi

- *Fazni prijelaz* događa se uvijek kad se neka fizička karakteristika tvari mijenja
- Uobičajeni fazni prijelazi su
 - Kruto u tekuće – taljenje
 - Tekuće u plinsko – vrenje
- Fazni prijelazi uključuju promjenu u unutrašnjoj energiji, ali ne promjenu *temperature*





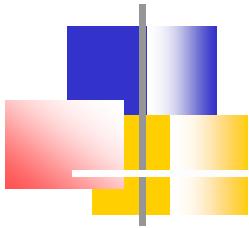
- Entalpije taljenja, skrućivanja, isparavanja, sublimacije, kondenzacije odnose se samo na promjenu faze, što znači da se toplina nije trošila na zagrijavanje
- Pri taljenju leda promjena entalpije iznosi

$$\Delta H(273.15K)=6009 \text{ J/mol}$$

- Sva dovedena energija, trošila se samo za savladavanje intermolekularnih sila
- Za vrijeme faznog prijelaza toplina je
 - $Q = m L$
- L je *latentna toplina* tvari, a m masa tvari
 - Latentan znači skriven
 - 2260 kJ/kg pri 100°C je latentna toplina vode

Pitanje: Kad se 100g leda na 0°C rastopi u 100g vode na 0°C, entropija će se

- (1) smanjiti (2) povećati (3) ostati ista (4) ne može se odrediti



Dodatni materijali

<https://phet.colorado.edu/en/simulation/reversible-reactions>