

OSNOVE FIZIKALNE KEMIJE

Nositelji kolegija: prof. dr. sc. Vladislav Tomišić vtomisic@chem.pmf.hr (soba 211)

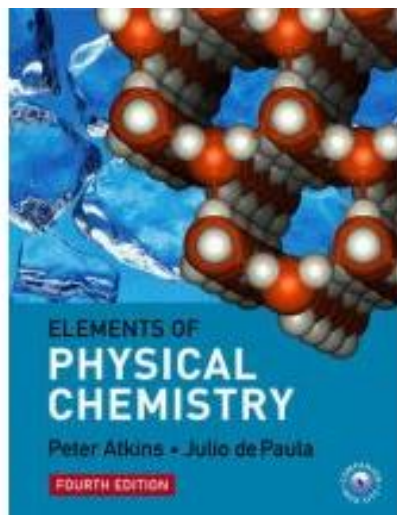
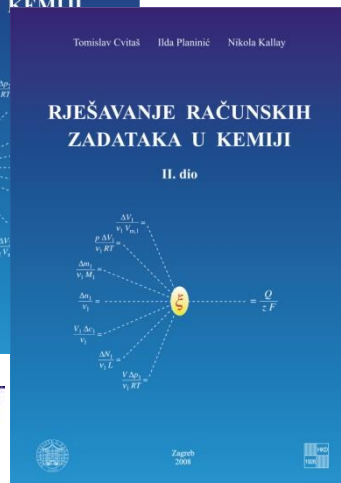
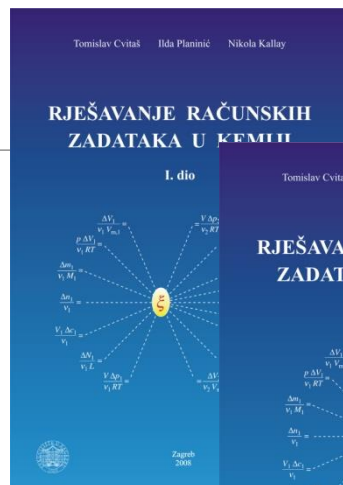
doc. dr. sc. Josip Požar pozar@chem.pmf.hr (soba 230)

Asistent: A. Usenik, mag. chem. ausenik@chem.pmf.hr (soba 205)

Fizikalna kemija

Tomislav Cvitaš

Rukopis u pripremi



OSNOVE FIZIKALNE KEMIJE

PREDAVANJA

Za smjerove:

Cjelovit preddiplomski i diplomski studij biologije i kemije

Preddiplomski studij biologije

Preddiplomski studij molekularne biologije

Preddiplomski studij znanosti o okolišu

V. Tomišić, T. Preočanin, N. Kallay

Zagreb, 2012.

Nedovršen i nerecenziran materijal

Literatura:

A P. W. Atkins, J. de Paula, *Elements of physical chemistry*, 4. izd., Oxford University Press, Oxford 2005.

Udžbenik koji najbolje odgovara razini kolegija s dosta primjera iz biologije i biokemije.

Hrvatska literatura:

OFK V. Tomišić, T. Preočanin, N. Kallay, *Osnove fizikalne kemije; predavanja, Rukopis u pripremi, prati predavanja.*

C T. Cvitaš: *Fizikalna kemija, Rukopis knjige, ... Dostupne kopije u knjižnici Kemijskog odsjeka (CKB). Prelazi razinu kolegija.*

R1 T. Cvitaš, I. Planinić, N. Kallay: *Rješavanje računskih zadataka u kemiji, I dio, Hrvatsko kemijsko društvo, Zagreb, 2008.*

Zbirka riješenih zadataka, dostupno u CKB-u, prodaje se u HKD-u.

R2 T. Cvitaš, I. Planinić, N. Kallay: *Rješavanje računskih zadataka u kemiji, II dio, Hrvatsko kemijsko društvo, Zagreb, 2008.*

Zbirka riješenih zadataka, dostupno u CKB-u, prodaje se u HKD-u.

R3 T. Cvitaš, I. Planinić, N. Kallay: *Rješavanje računskih zadataka u kemiji, III dio, Rukopis u pripremi*

Ppt prezentacije, materijali, obavijesti:

www.pmf.unizg.hr/login

Korisnik: fizkemZO

Lozinka: ofk

OSNOVE FIZIKALNE KEMIJE

FIZIKALNA KEMIJA

- Bavi se:
- upoznavanjem stanja tvari i procesa
 - odnosom svojstava (fizikalnih veličina)
 - preračunavanjem fizikalnih veličina (indirektno mjerenje)
 - predviđanjem svojstava i pojava
 - ...

Tema

Literatura

Uvodni sat Uvod u termodinamiku Nulti glavni stavak termodinamike	OFK; A 2 R1 (3) R2 (11.1)
Prvi glavni stavak termodinamike U i H Kalorimetrija Hessov zakon	OFK; A 2; A3 R2 (11.1)
Drugi glavni stavak termodinamike Entropija	OFK; A 4 R3 (16.1)
Gibbsova energija Kemijski potencijal	OFK; A 4, A 5; R3 (16.2, 16.3)
Ravnoteža kemijskih reakcija	OFK; A 7 i A 8; R2 (13) i R3 (17.3)
Koligativna svojstva	OFK; A 6; R2 (14)
4 sata rješavanje problemskih zadataka	
Elektrokemija Otopine elektrolita Vodljivost elektrolita	OFK; A 9; R2 (15.1 – 15.3; 15.6)
2 sata Kolokvij 1 + 2 sata rješavanje problemskih zadataka	

Ionske interakcije	OFK; A 9;
Elektrokemijski članci	OFK; A 9; R2 (15.4 15.5)
Primjena elektrokemijskih članaka Mjerenje pH Baterije Korozija	OFK; A 9;
Kemijska kinetika Radioaktivnost	OFK; A 10; R2 (12.1) C 32
Zakoni brzina	OFK; A 10; C33 R2 (12.2 – 12.3) OFK; A 11; C33
rješavanje problemskih zadataka	
Temperaturna ovisnost brzine kemijske reakcije Enzimske reakcije	OFK; A 11; R2 (12.4) C33
11. Kolokvij 2	

Polaganje ispita:

1) Kolokviji

Dva kolokvija, u svakom kolokviju 3 računski zadatka.

Prednost: polaganje manje količine gradiva, sustavno učenje.

Motivacija: ako je osvojeno $> 60\%$ oslobođenje od pismenog dijela ispita.

2) Ispit

Ispit se sastoji od:

- pismenog dijela: 3 računski zadatka (3x10 bodova); za prolaz je potrebno $> 50\%$;
- usmenog dijela ispita.

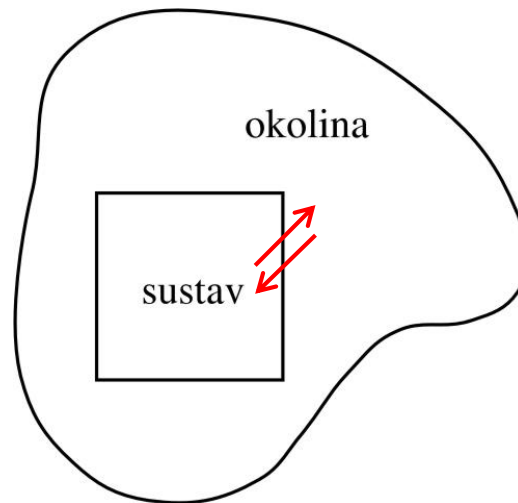
Praktična nastava- pozitivno ocijenjen praktikum iz fizikalne kemije

Fenomenološka termodinamika

Uvod

Nulti zakon termodinamike

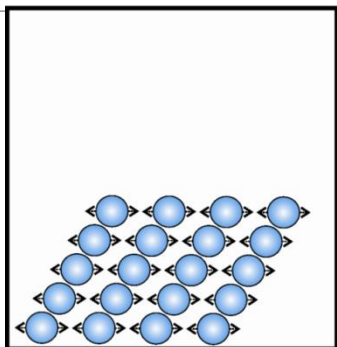
Prvi zakon termodinamike



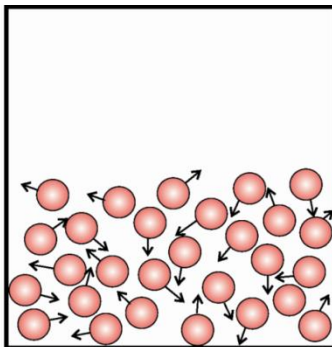
- **Stanje stvari**

- plinovito, tekuće, kruto
- model

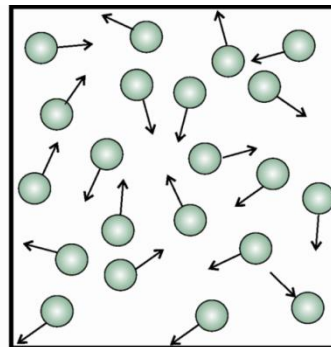
Krutine



Tekućine



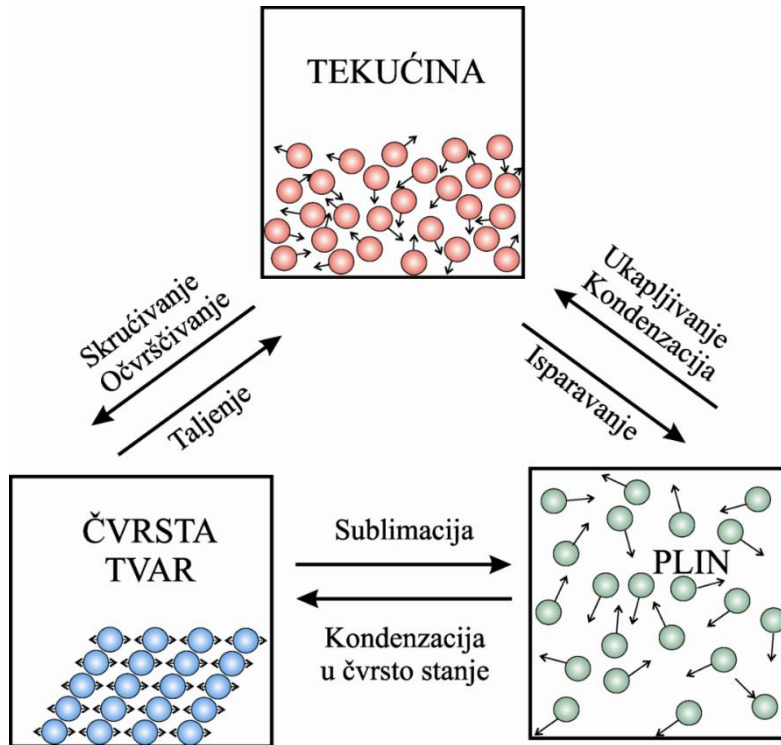
Plinovi



- **Fizikalna svojstva sustava**

- ekstenzivna svojstva (ovise o veličini sustava)
- intenzivna svojstva (ne ovise o veličini sustava)

• Promjena stanja – procesi



npr.

- izobarni, izotermni, izohorni,
- reverzibilni, ireverzibilni,
- adiabatni
- spontani, prisilni
- kemijski, fizikalni, biološki

SUSTAV

OKOLINA

OTVORENI
Moguća izmjena
tvari.

ZATVORENI
Nema izmjene
tvari.

IZOLIRANI
Nema izmjene topline.
Nema izmjene rada.

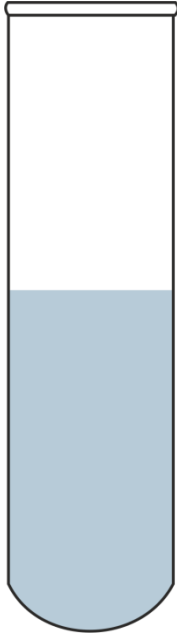
ADIJABATSKI
Nema izmjene topline.
Moguća izmjena rada.

DIJATERMNI
Moguća izmjena
topline.

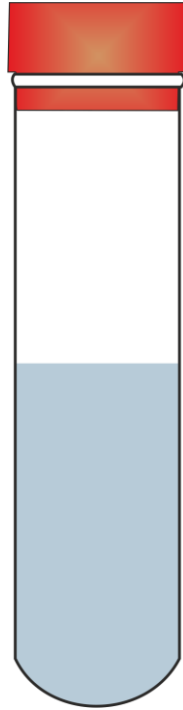


Okolina

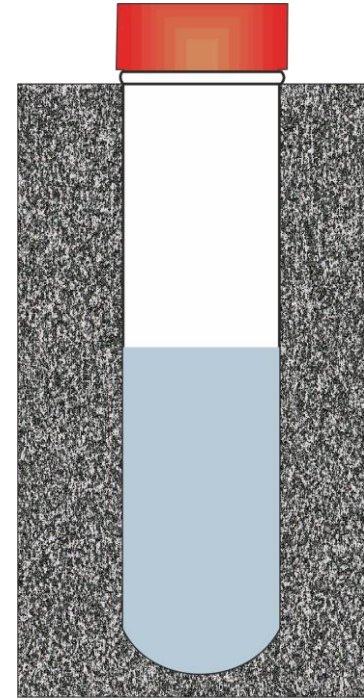
Sustav



**Otvoreni
sustav**

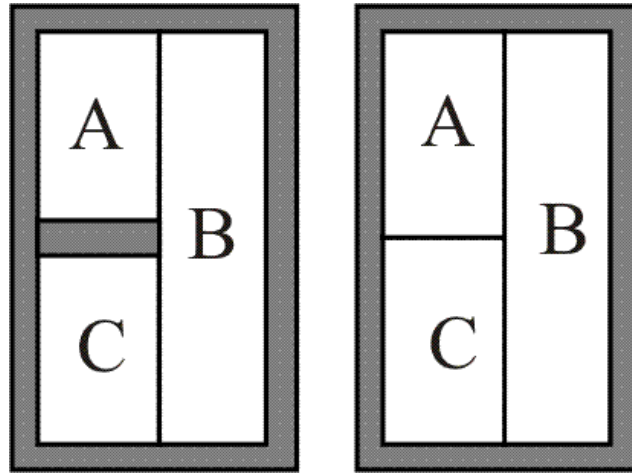


**Zatvoreni
sustav**



**Izolirani
sustav**

Nulti stavak termodinamike



$$T_A = T_B$$

$$T_B = T_C$$

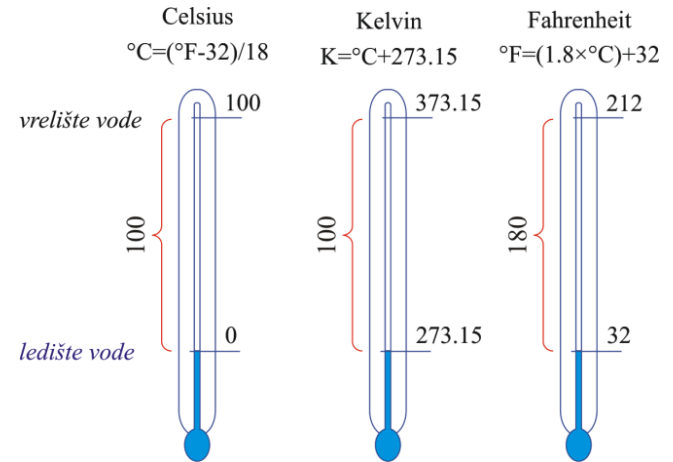
$$T_A = T_C$$

TEMPERATURA

Mjerenje temperature (vrste termometara)

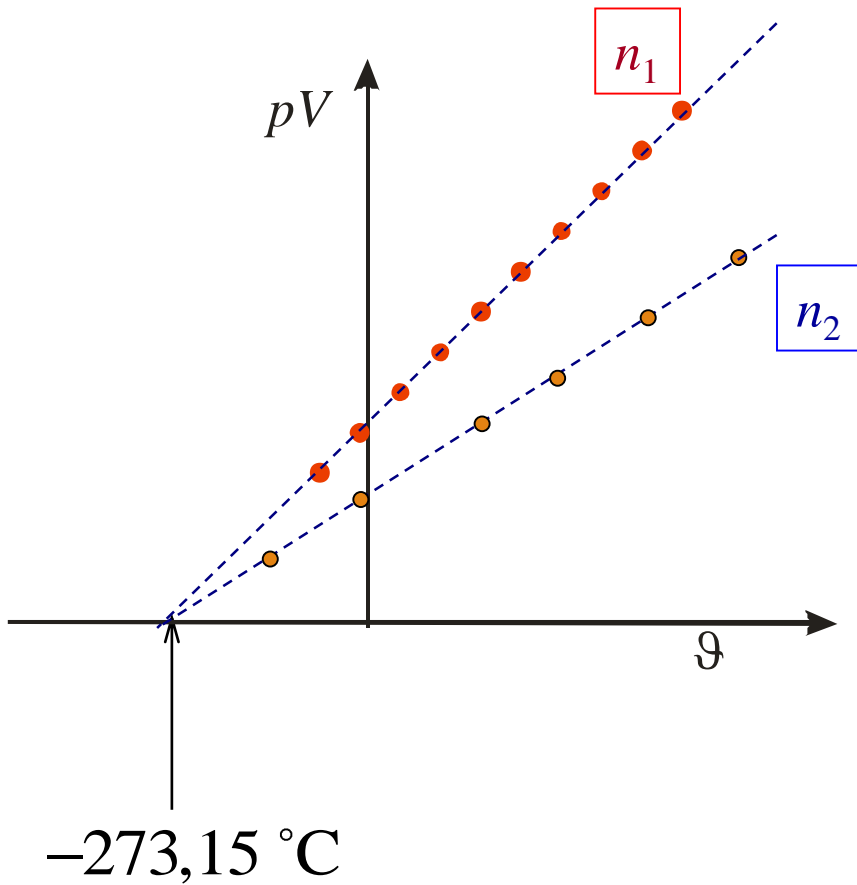
Temperaturne ljestvice:

- Celsiusova
- termodinamička (Kelvinova)
- Farenhaitova



1744-1948.	$t_l(\text{H}_2\text{O}) = 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_v(\text{H}_2\text{O}) = 100 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Od 1948.	0 K	Trojna točka vode $t_t(\text{H}_2\text{O}) = 0,01 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $T_t(\text{H}_2\text{O}) = 273,16 \text{ K}$

$$n_1 > n_2$$



$$pV = nRT$$

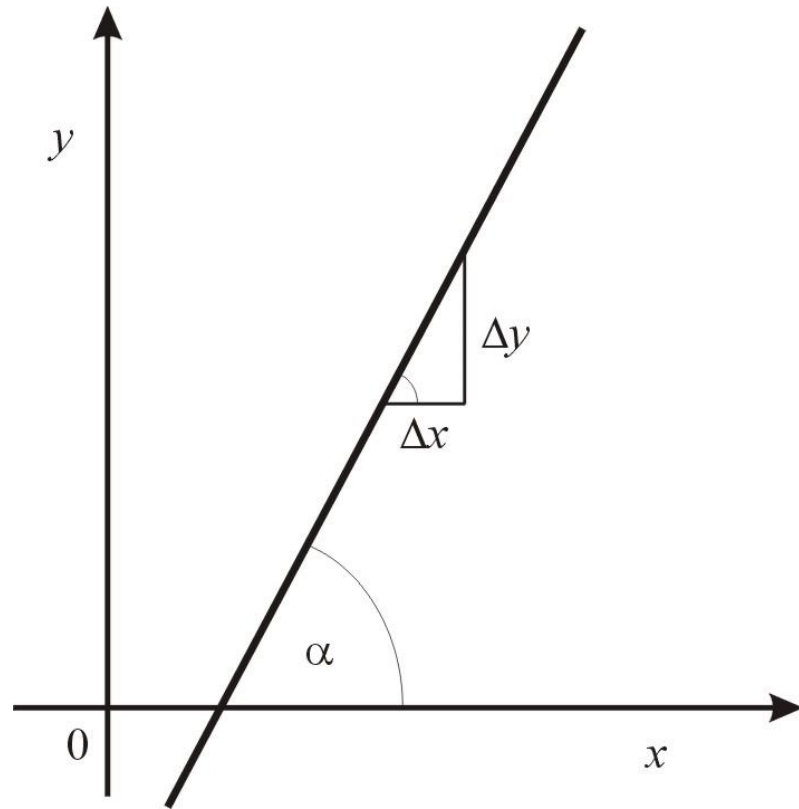
$$T / \text{K} = \vartheta / \text{ }^\circ\text{C} + 273,15$$

$$T = \lim_{p \rightarrow 0} (pV / nR)$$

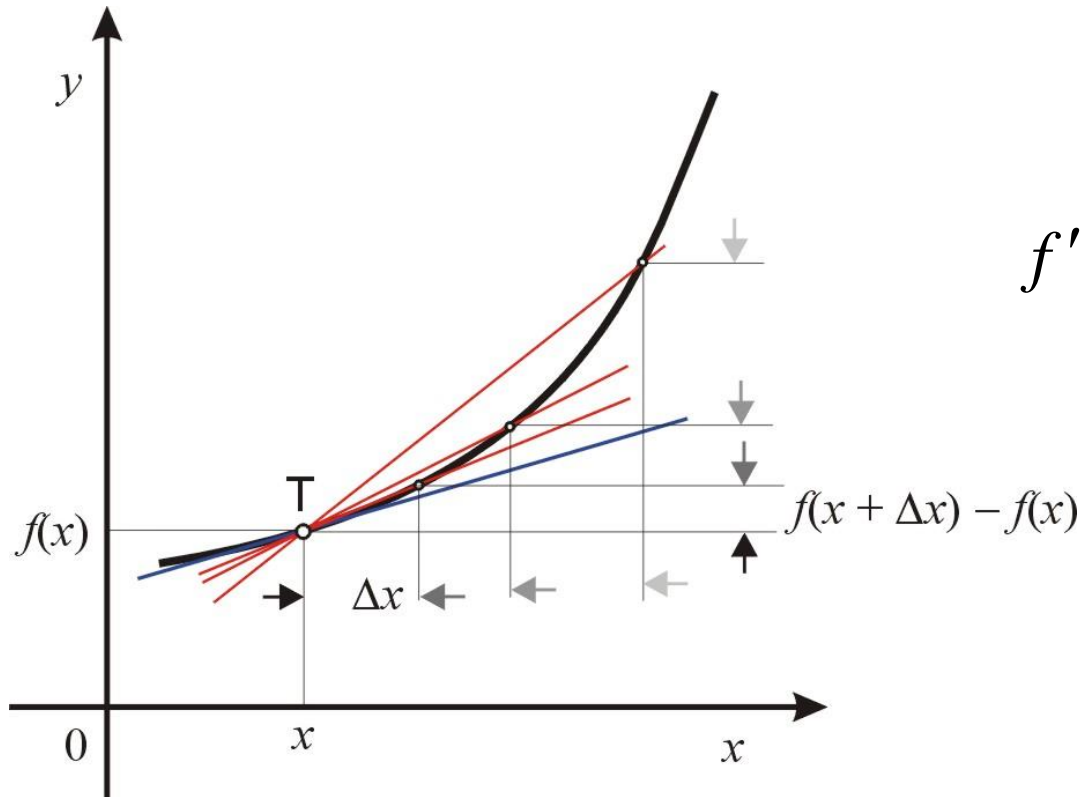
Nagib pravca

$$y = ax + b$$

$$\text{nagib} = a = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$



Nagib funkcije u točki T



$$f'(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta f(x)}{\Delta x}$$

UNUTRAŠNJA ENERGIJA

Zbroj kinetičke i potencijalne energije svih čestica u sustavu.

Kinetička energija: rezultat gibanja čestica

Potencijalna energija: rezultat interakcija među česticama

Unutrašnja energija se može mijenjati izmjenom topline s okolinom, ili izmjenom rada.

Unutrašnja energija se može mijenjati izmjenom topline s okolinom, ili izmjenom rada.

RAD

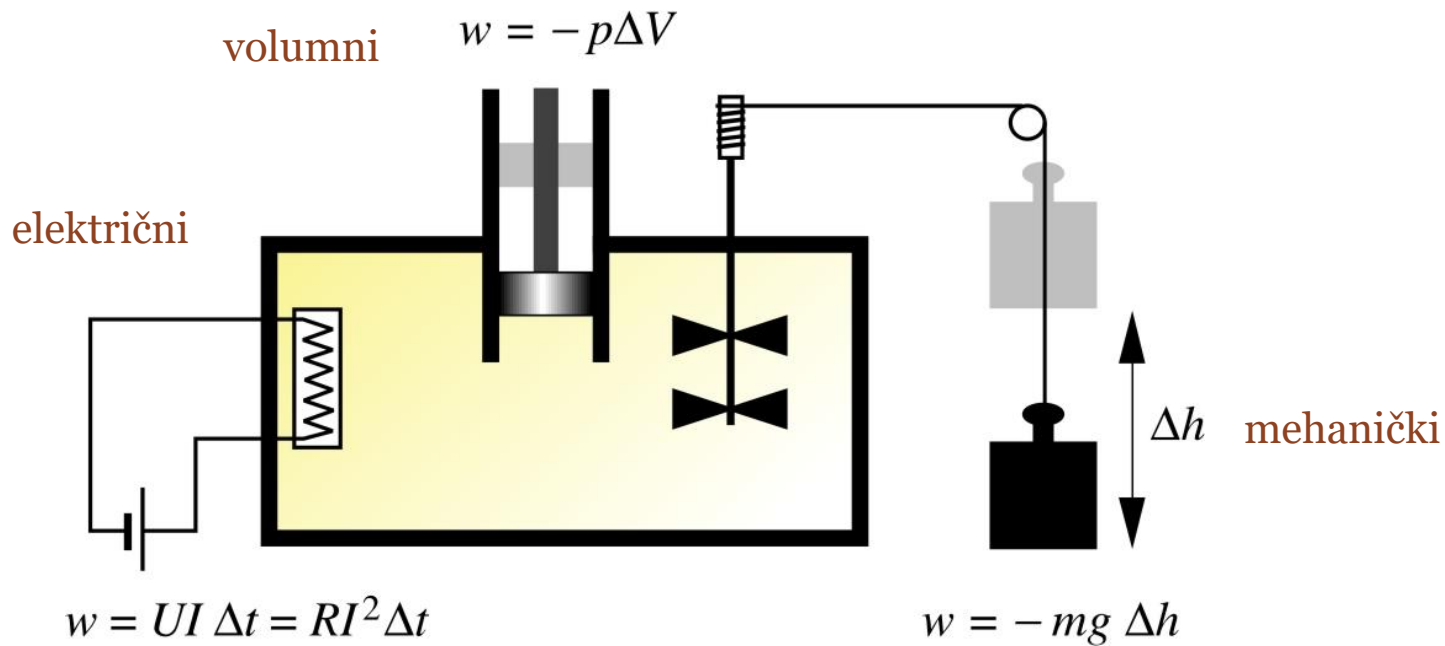
Oblik prijenosa energije na bilo koji drugi način osim zbog temperaturne razlike. Oblik prijenosa energije koji uključuje savladavanje neke sile.

Dogovor: - sustav vrši rad $w < 0$
- nad sustavom se vrši rad $w > 0$

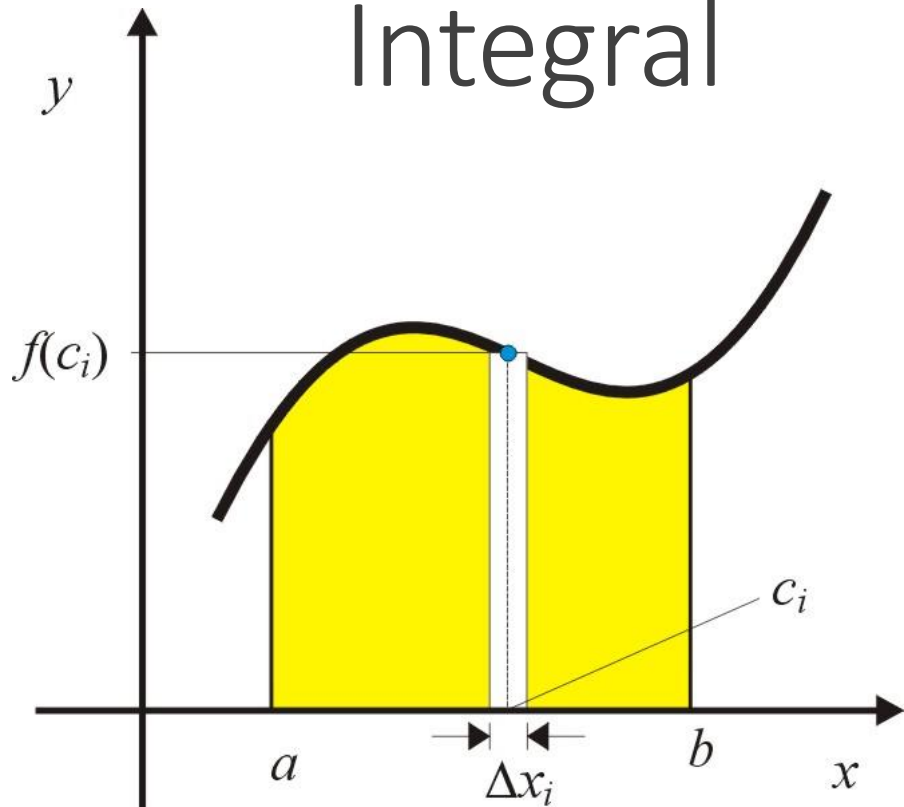
$$dw = -F \cdot ds$$

$$dw = -F \cdot ds$$

	X	x
Volumni	$-p$	V
Gravitacijski	mg	h
Međupovršinski	σ	A_s
Električni	$-\Delta\varphi$	Q
Kemijski	μ	n

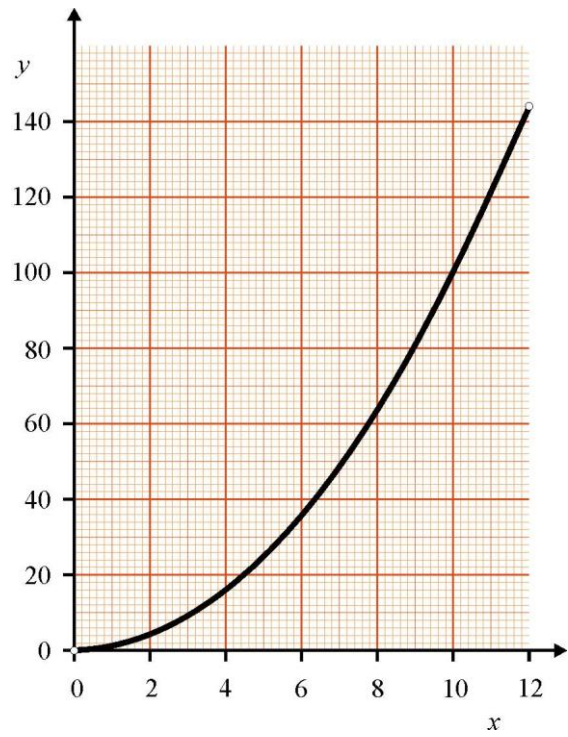


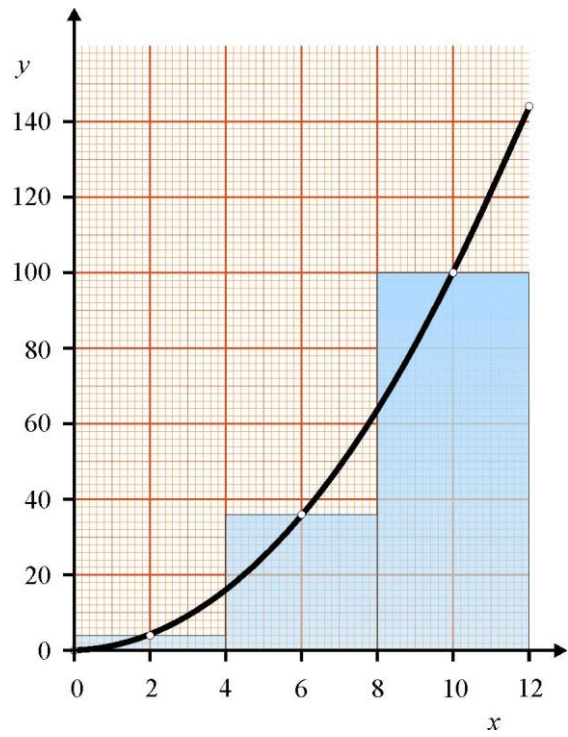
Integral



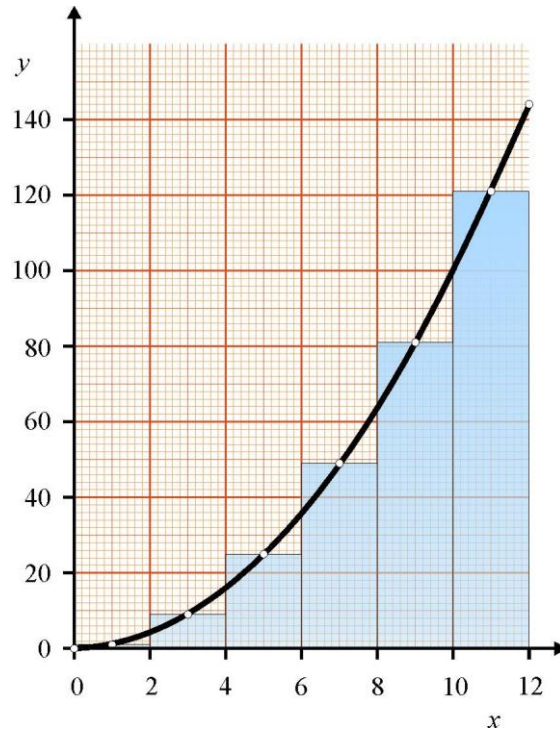
$$\Delta x = \frac{b-a}{n}$$

$$\int_a^b f(x) dx = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \left(\sum_{i=1}^n f(c_i) \cdot \Delta x \right)$$



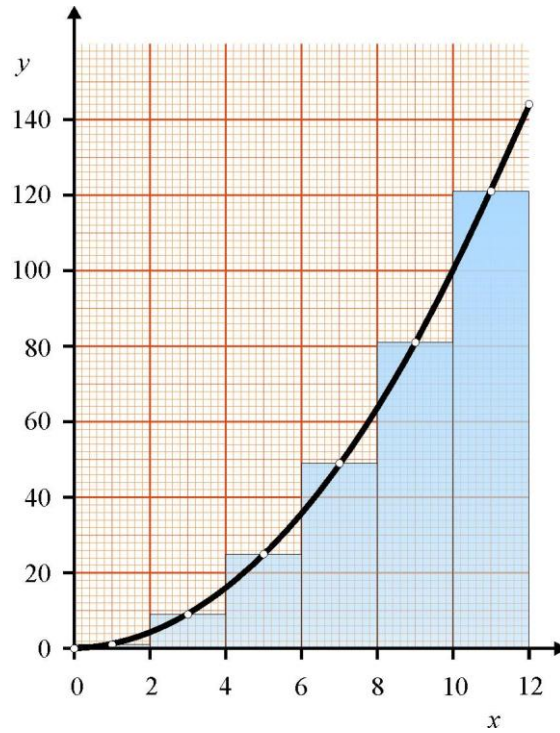


$$\begin{array}{r}
 2^2 \times 4 = 16 \\
 6^2 \times 4 = 144 \\
 10^2 \times 4 = 400 \\
 \hline
 \mathbf{560}
 \end{array}$$



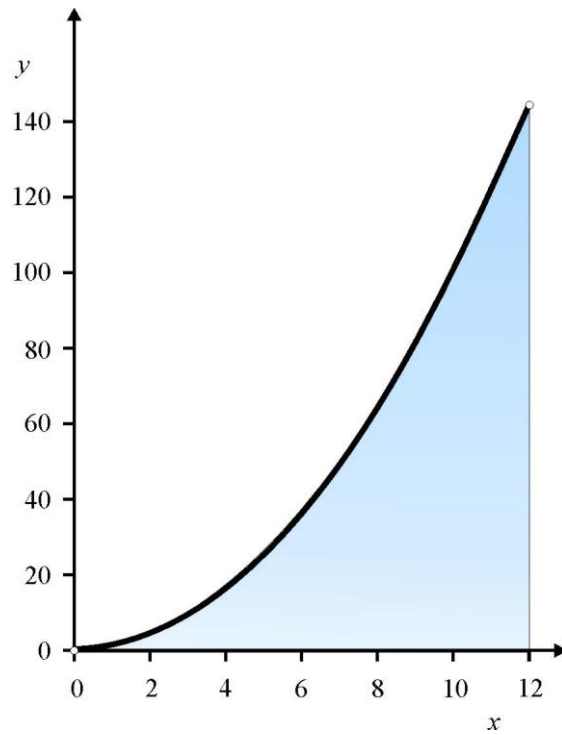
$$\begin{aligned}
 1^2 \times 2 &= 2 \\
 3^2 \times 2 &= 18 \\
 5^2 \times 2 &= 50 \\
 7^2 \times 2 &= 98 \\
 9^2 \times 2 &= 162 \\
 11^2 \times 2 &= 242
 \end{aligned}$$

572



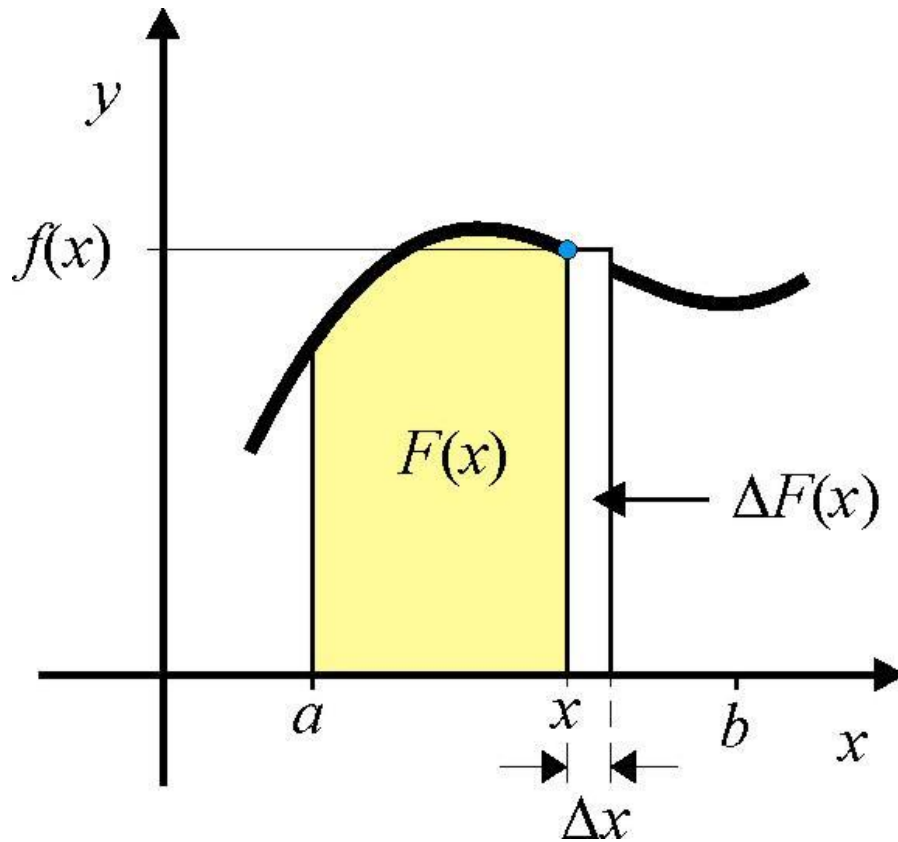
$$\begin{aligned}
 1^2 \times 2 &= 2 \\
 3^2 \times 2 &= 18 \\
 5^2 \times 2 &= 50 \\
 7^2 \times 2 &= 98 \\
 9^2 \times 2 &= 162 \\
 11^2 \times 2 &= 242
 \end{aligned}$$

572



$$\int_0^{12} x^2 dx = 576$$

Odnos integrala i derivacije



$$\Delta F(x) \approx f(x) \cdot \Delta x$$

$$F'(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta F(x)}{\Delta x} = f(x)$$

Internetska nastava

Volumni rad čest je oblik rada koji prati fizikalne i kemijske promjene u sustavu. Podrazumijeva promjene volumena sustava izloženog vanjskoj sili, odnosno tlaku p_{ex} (ex- eng. *external* = vanjski) . Kada je tlak u sustavu (p) jednak tlaku u okolini (p_{ex}), sustav je u mehaničkoj ravnoteži s okolinom.

Dva su temeljna načina izvođenja rada (izmjene energije u obliku rada). Reverzibilni i ireverzibilni.

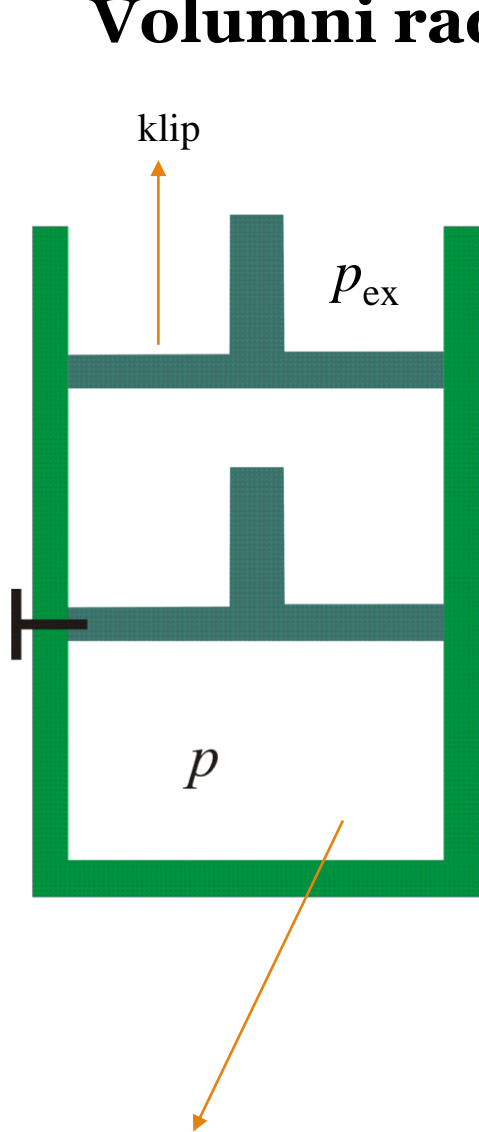
Irevezibilni rad

Irevezibilni volumni rad podrazumijeva veliku razliku tlaka u sustavu (p) i u okolini (p_{ex}). Sustav je „daleko” od mehaničke ravnoteže. Male promjene tlaka bilo u sustavu ili okolini ne mogu „okrenuti” proces (ireverzibilni proces). Primjerice, ako je tlak u sustavu puno veći od vanjskog ($p \gg p_{ex}$) malo povećanje tlaka (dp) u okolini neće zaustaviti širenje plina (ekspanziju).

Revezibilan rad

Reverzibilni rad podrazumijeva infinitezimalnu razliku između tlaka u sustavu i okolini (dp). Sustav je „blizu” mehaničkoj ravnoteži. Male promjene tlaka bilo u sustavu ili okolini mogu „okrenuti” proces (reverzibilni proces). Primjerice, ako je tlak u sustavu samo malo veći od vanjskog ($p = p_{ex} + dp$) malo povećanje tlaka (dp) u okolini zaustavit će širenje plina (ekspanziju). Postići će se mehanička ravnoteža (sila kojom okolina djeluje na sustav izjednačit će se sa silom kojom sustav djeluje na okolinu).

Volumni rad



Okolina (odijeljena nepropusnim stijenkama i klipom od okoline)

p - tlak u sustavu

p_{ex} - vanjski tlak (tlak u okolini)

$p > p_{\text{ex}}$ - plin se širi (ekspandira)

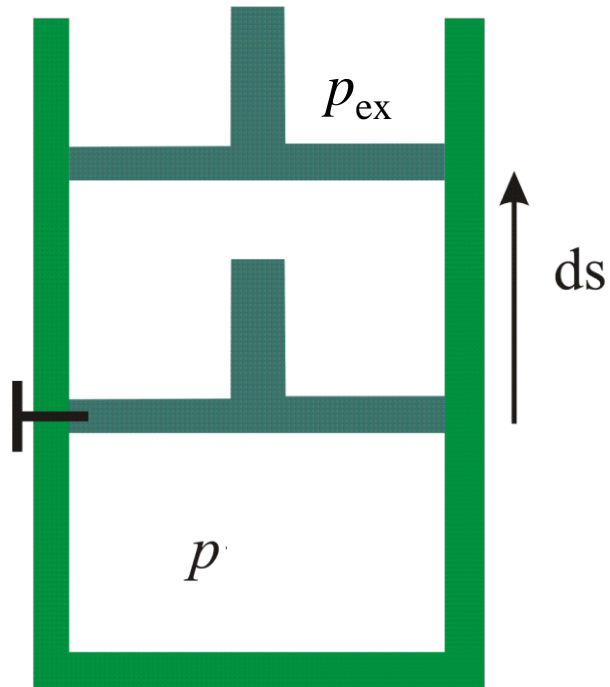
A - površina klipa koji odjeljuje sustav od okoline

s - put koji klip prijeđe tijekom ekspanzije

Sustav (plin odijeljen nepropusnim stijenkama i klipom od okoline)

Volumni rad

Ireverzibilni -izvod



$$p_{\text{ex}} = \text{konst.}$$

$$dw = -F ds \quad p_{\text{ex}} = \frac{F}{A}$$

$$dw = -p_{\text{ex}} A ds \quad A ds = dV$$

$$dw = -p_{\text{ex}} dV$$

$$p_{\text{ex}} = \text{konst.}$$

$$\int dw = - \int_{V_1}^{V_2} p_{\text{ex}} dV$$

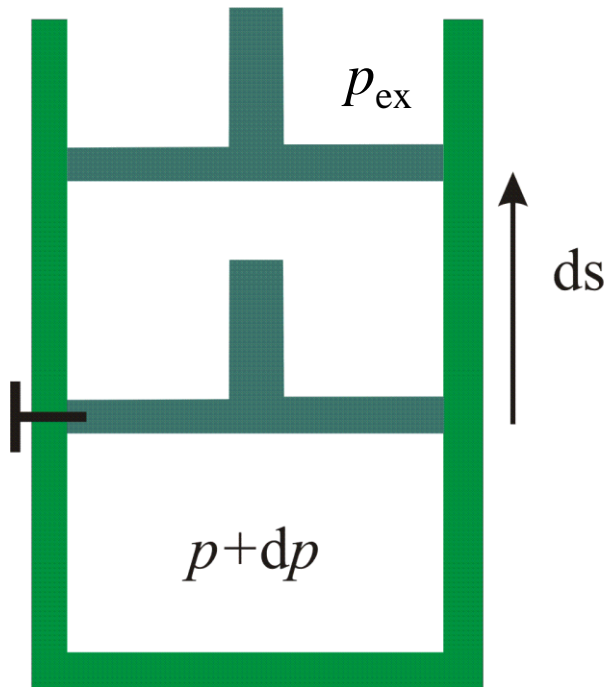
$$w = -p_{\text{ex}} \int_{V_1}^{V_2} dV$$

$$w = -p_{\text{ex}} (V_2 - V_1) = -p_{\text{ex}} \Delta V$$

Volumni rad

Reverzibilni

$T = \text{konst.}$



$$dw = -p_{ex}dV$$

$$p_{ex} = p$$

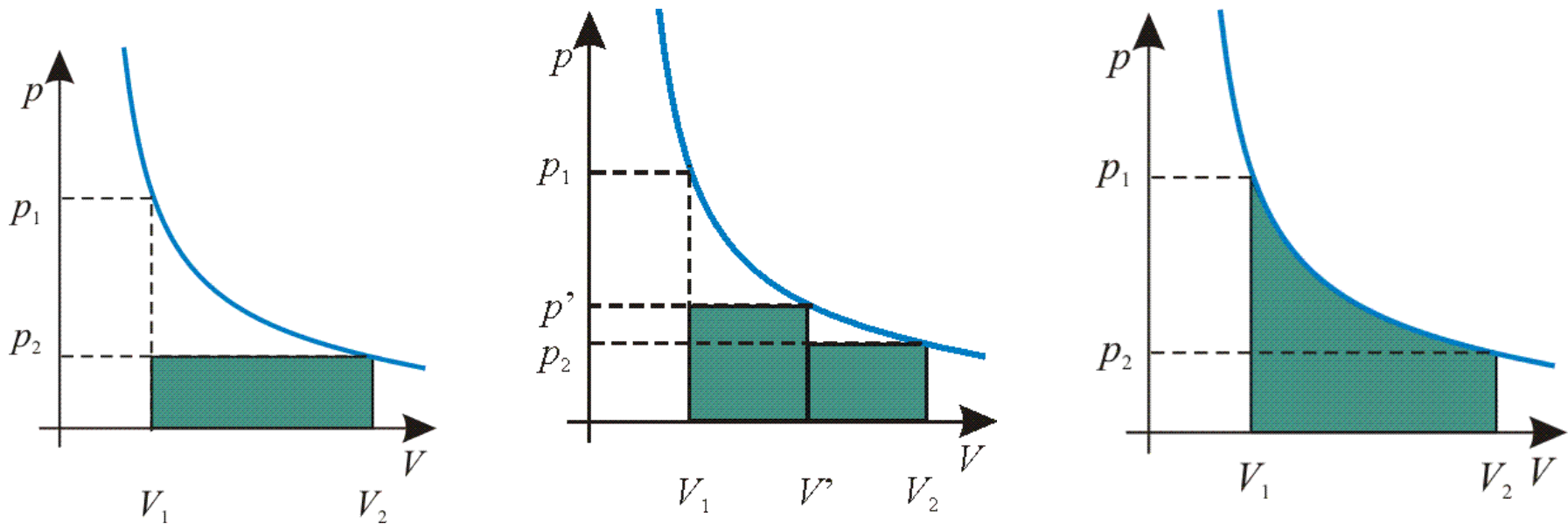
$$\int dw = -\int_{V_1}^{V_2} p dV$$

$$w = -\int_{V_1}^{V_2} \frac{nRT}{V} dV$$

$$w = -nRT \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V}$$

$$w = -nRT \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$

$nRT = p dV$
(idealan plin)



Usporedite rad ekspanzije i kompresije idealnog plina

ako je proces izvršen:

- u jednom koraku pri stalnom vanjskom tlaku (rad je jednak površini zelenog pravokutnika- konačni lak plina jednak je vanjskom tlaku –ekspanzija se zbiva do izjednačenja tlakova)

- u dva koraka pri stalnom vanjskom tlaku (rad je jednak površinama dvaju zelenih pravokutnika)

- reverzibilno (rad je jednak zelenoj površini ispod pV grafa- sustav u okolini postepeno se smanjuje tijekom ekspanzije i samo je za dp različit od vanjskog tlaka)

1. Komad željeza, mase 50 g, ubačen je u spremnik s klorovodičnom kiselinom. Izračunajte volumni rad koji nastali plin izvrši ekspanzirajući ukoliko je: a) spremnik zatvoren; b) spremnik otvoren.
2. **DZ** Izračunajte ekspanzijski rad koji izvrše plinovi nastali elektrolizom 50 g H_2O pri konstantnom tlaku i temperaturi od 25°C .
3. Voda ima specifični toplinski kapacitet $4,187 \text{ J K}^{-1} \text{ g}^{-1}$. Koliku razliku visine treba prijeći uteg od 10 kg koji pokreće miješalicu da se 1 kg vode zagrije za 10 K? Koliko dugo treba teći struja jakosti 1 A kroz otpor od 100 W da proizvede jednaku toplinu? Koliko dugo bi se voda trebala zagrijavati u solarnom kolektoru površine 1 m^2 koji od sunca prima (ozračenost) $45 \text{ J cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$? Koliko ugljena treba izgorjeti, ako 1 mol grafita proizvede 393 kJ topline kada se spali u CO_2 pri konstantnom tlaku? (Rj: 4265 m; 6,97 min; 1,046 min; 1,277 g)
4. Kemijska reakcija zbiva se u cilindričnoj posudi s lako pomičnim klipom. Poprečni presjek posude je 100 cm^2 . Tijekom reakcije razvija se plin te se klip pomakne za 10 cm nasuprot vanjskom tlaku od 1 atm. Izračunajte izvršeni rad? (Rj: $w = -101,3 \text{ J}$)
5. **DZ** Pri izotermnoj reverzibilnoj kompresiji 52 mmol idealnog plina, pri temperaturi od 260 K, volumen plina smanji se na trećinu početnog. Izračunajte izvršeni rad za taj proces.
(Rj: $w = -q = -123,5 \text{ J}$)

ZADATCI

1. Komad željeza, mase 50 g, ubačen je u spremnik s klorovodičnom kiselinom. Izračunajte volumni rad koji nastali plin izvrši ekspanirajući ukoliko je: a) spremnik zatvoren; b) spremnik izložen stalnom vanjskom tlaku p_{ex} . Sustav je bitno manji od okoline i konačna temperatura sustava jednaka je tem okoline i iznosi iznosi 300 K.

a) Spremnik je zatvoren. Volumen sustava (spremnika se ne mijenja), sustav ne vrši rad. $\longrightarrow w = 0$

b) Spremnik izložen stalnom vanjskom tlaku p_{ex} . Vodik koji nastaje ekspanira do $p(\text{H}_2) = p_{\text{ex}}$ $\longrightarrow w \neq 0$

$$\int dw = - \int_{V_1}^{V_2} p_{\text{ex}} dV$$

$$w = - p_{\text{ex}} \int_{V_1}^{V_2} dV \quad (\text{vanjski tlak je konstantan})$$

$$w = - p_{\text{ex}} (V_2 - V_1) = - p_{\text{ex}} \Delta V$$

$$\Delta V \approx V(\text{H}_2) = \frac{n(\text{H}_2)RT}{p(\text{H}_2)}$$

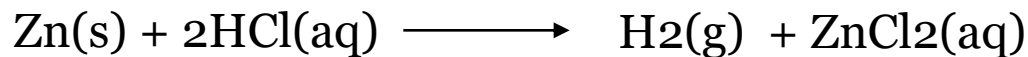
(promjene volumena zbog otapanja Zn su zanemarive u odnosu na volumen nastalog vodika)

$$\Delta V \approx V(\text{H}_2) = \frac{n(\text{H}_2)RT}{p_{\text{ex}}}$$

(konačan tlak vodika jednak vanjskom tlaku)

$$w = -p_{\text{ex}}(V_2 - V_1) = -p_{\text{ex}} \frac{n(\text{H}_2)RT}{p_{\text{ex}}}$$

$$w = -n(\text{H}_2)RT$$



$$n(\text{H}_2) = n(\text{Zn}) = \frac{m(\text{Zn})}{M(\text{Zn})} = \frac{50 \text{ g}}{65,38 \text{ g mol}^{-1}} = 0,765 \text{ mol}$$

$$w = -n(\text{H}_2)RT = -0,765 \text{ mol} \cdot 8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 300 \text{ K}$$

$$w = -1907,5 \text{ J}$$

DZ

2. Izračunajte ekspanzijski rad koji izvrše plinovi nastali elektrolizom 50 g H_2O pri konstantnom tlaku i temperaturi od $25\text{ }^\circ\text{C}$.

4. Kemijska reakcija zbiva se u cilindričnoj posudi s lako pomičnim klipom. Poprečni presjek posude (A) je 100 cm^2 . Tijekom reakcije razvija se plin te se klip pomakne za 10 cm (s) nasuprot vanjskom tlaku od 1 atm . Izračunajte izvršeni rad?

$$\int dw = - \int_{V_1}^{V_2} p_{\text{ex}} dV$$

$$w = -p_{\text{ex}} \int_{V_1}^{V_2} dV \quad (\text{vanjski tlak je konstantan})$$

$$w = -p_{\text{ex}} (V_2 - V_1) = -p_{\text{ex}} \Delta V$$

$$w = -p_{\text{ex}} A \Delta s$$

$$w = -101325 \text{ Pa} \cdot (100 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2) \cdot 0.1 \text{ m} = -101,325 \text{ J}$$

4. Pri izotermnoj reverzibilnoj kompresiji 52 mmol idealnog plina, pri temperaturi od 260 K, volumen plina smanji se na trećinu početnog. Izračunajte izvršeni rad za taj proces.

(Rj: $w = -q = -123,5 \text{ J}$)

$$dw = -p_{\text{ex}} dV$$

$p_{\text{ex}} = p$ (vanjski tlak se tijekom ekspanzije mijenja/održava jednakim tlaku plina tijekom procesa)

$$\int dw = - \int_{V_1}^{V_2} p dV$$

$$w = - \int_{V_1}^{V_2} \frac{nRT}{V} dV$$

$$w = -nRT \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V}$$

$$w = -nRT \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$

$$w = -nRT \ln \left(\frac{\frac{1}{3} V_1}{V_1} \right)$$

$$w = -nRT \ln \left(\frac{1}{3} \right)$$

$$w = -52 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 260 \text{ K} \cdot \ln \left(\frac{1}{3} \right)$$

$$w = 123,5 \text{ J}$$

TOPLINA

Oblik prijenosa energije uslijed razlike temperature



Energija u obliku topline iz okoline prelazi **u sustav** $q > 0$

Energija u obliku topline **iz sustava** prelazi u okolinu $q < 0$

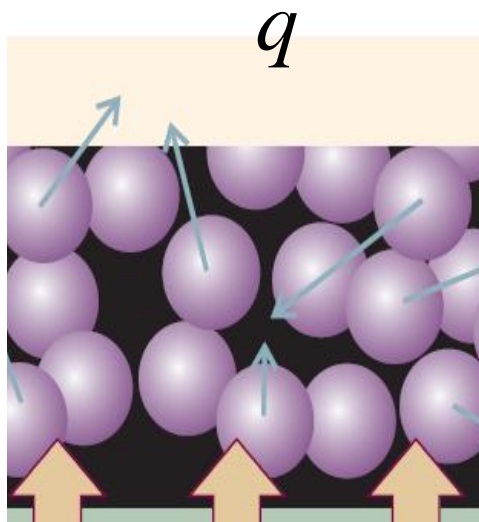
$$dq = C dT$$

dq – infinitezimalna izmijenjena toplina

dT – infinitezimalna promjena temperature

C – toplinski kapacitet $C = \frac{dq}{dT}$

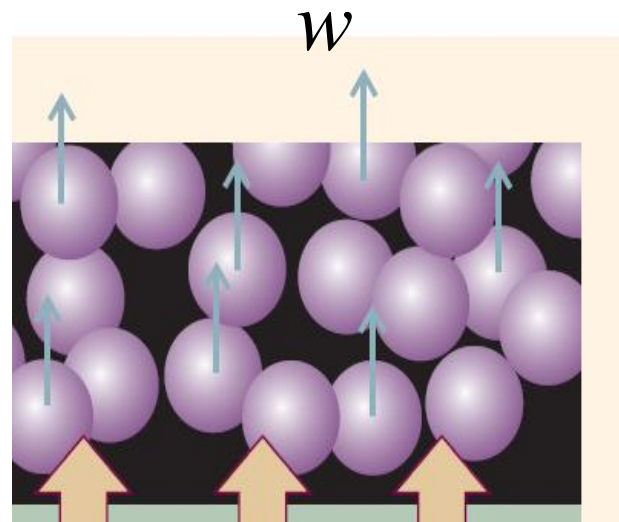
OKOLINA



SUSTAV

Izmjena energije u obliku topline uzrokuje nasumično gibanje u okolini

OKOLINA



SUSTAV

Izmjena energije u obliku rada uzrokuje usmjereno gibanje u okolini

$$\Delta U = q + w$$

Toplina nije funkcija stanja. $\longrightarrow dq =$ infinitezimalna izmijenjena toplina $\longrightarrow \int dq = q$ (ne Δq ; $\Delta q = q_2 - q_1$, međutim ne postoji stanje sustava kojemu odgovara toplina q_2 ili q_1 (sustav ne posjeduje toplinu, samo unutrašnju energiju). Toplina je način izmijenje energije, a ne funkcija stanja!)

Toplinski kapacitet (C) je ekstenzivna veličina (ovisi o veličini sustava)

$$C_m = \frac{C}{n} \quad (\text{molarni toplinski kapacitet -intenzivna veličina})$$

$$c = \frac{C}{m} \quad (\text{specifični toplinski kapacitet -intenzivna veličina})$$

Toplinski kapacitet (C) slabo ovisi o temperaturi. Ne mijenja se znatno u temperaturnom intervalu od nekoliko kelvina. Stoga ukoliko je ΔT malen (1K ili manji) vrijedi:

$$C = \frac{q}{\Delta T}$$

Toplina se najčešće izmjenjuje pri konstantnom tlaku ili konstantnom volumenu. Odgovarajući toplinski kapaciteti nisu jednaki (osobito za plinovite tvari) i označavaju se s C_V i C_p .

Toplina se kao i rad može izmijenjivati reverzibilno ukoliko su temperatura u sustavu i okolini infinitezimalno različiti (razlikuju se samo za dT). Kada se samo infinitezimalnom promjenom temperature (dT) smjer izmjene topline može okrenuti.

Ukoliko je razlika temperature veća (obično je oznaka ΔT) izmijena topline je ireverzibilna. Dakle infinitezimalnom promjenom temperature (dT) smjer prijenosa topline nije moguće promijeniti.

Prirodan je smjer izmjene topline s tijela veće temperature na tijelo manje temperature. Promjena unutrašnje energije tijela početno veće temperature jednaka je $\Delta U_1 = q_1 = -q$, a tijela početno manje temperature $\Delta U_2 = q_2 = +q = q$. Tijelo 1 izmjenom topline smanjuje unutrašnju energiju, a tijelo 2 prima energiju izmjenom topline zbog čega je njegova konačna unutrašnja energija na kraju procesa veća nego na početku. Izmjena energije u obliku topline zbiva se dok se temperature dvaju tijela ne izjednače, odnosno dok se ne postigne termička ravnoteža.

ZADATCI

1. Izračunajte q i C_p te sepcifični toplinski kapacitet ako je 30,5 g neke tekućine početne temperature $T_i = 288$ K ohlađeno do temperature $T_f = 275$ K pri konstantnom tlaku. Toplina koju je sustav pritom predao okolini iznosi 2,3 kJ.

$$dq = C_p dT$$

$$\int dq = \int C_p dT$$

$$q = \int_{T_1}^{T_2} C_p dT$$

$$q = C_p \int_{T_1}^{T_2} dT \quad (\text{toplinski kapacitet je konstantan u danom temp. intervalu})$$

$$q = C_p (T_2 - T_1) = C_p \Delta T$$

$$q(\text{tekućine}) = -q(\text{okoline}) = -2,3 \text{ kJ.}$$

$$C_p = \frac{q}{\Delta T} = \frac{-2300 \text{ J}}{(275 \text{ K} - 288 \text{ K})} = 176,9 \text{ J K}^{-1}$$

$$c_p = \frac{176,9 \text{ J K}^{-1}}{30 \text{ g}} = 5,9 \text{ J K}^{-1} \text{ g}^{-1} \quad (\text{specifični toplinski kapacitet})$$

2. **DZ** Izračunajte masu vode temperature $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ potrebnu za hlađenje $0,5\text{ kg}$ željeza temperature $75\text{ }^{\circ}\text{C}$, da temperatura vode ne prijeđe $50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

$c_p(\text{Fe(s)}) = 0,488\text{ J K}^{-1}\text{ g}^{-1}$; $c_p(\text{H}_2\text{O}) = 4,18\text{ J K}^{-1}\text{ g}^{-1}$. Voda i željezo čine izoliran sustav (nema izmjene topline s okolinom).

Uputa: Konačna temperatura vode i željeza je jednaka i može se odrediti da se ukupna izmijenjena toplina s okolinom izjednači s nulom, odnosno:

$q = q_{\text{Fe}} + q_{\text{H}_2\text{O}} = 0 \rightarrow q_{\text{H}_2\text{O}} = -q_{\text{Fe}}$. Energija koju je željezo u obliku topline izgubilo, voda je u obliku topline primila. U jednadžbu $q = C\Delta T = T_2 - T_1$ piše se konačna (T_2) i početna temperatura svakog objekta. T_2 je jednaka $((273,15 + 50)\text{ K})$, a T_1 su različite za željezo i vodu.

Nikad se za ΔT ne piše apsolutna razlika temperature, već razlika konačne i početne temperature. Za željezo je ΔT negativna, a za vodu ΔT je pozitivna.

3. Voda ima specifični toplinski kapacitet $4,187 \text{ J K}^{-1} \text{ g}^{-1}$. a) Koliku razliku visine treba prijeći uteg od 10 kg koji pokreće miješalicu da se 1 kg vode zagrije za 10 K ? b) Koliko dugo treba teći struja jakosti 1 A kroz otpornik otpora od 10Ω da proizvede jednaku toplinu? Koliko dugo bi se voda trebala zagrijavati u solarnom kolektoru površine 1 m^2 koji od sunca prima (ozračenost) $45 \text{ J cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$? Koliko ugljena treba izgorjeti, ako 1 mol grafita proizvede 393 kJ topline kada se spali u CO_2 pri konstantnom tlaku? (Rj: 4265 m ; $6,97 \text{ min}$; $1,046 \text{ min}$; $1,277 \text{ g}$)

$$q = C_p (T_2 - T_1) = C_p \Delta T \quad (\text{toplinski kapacitet je konstantan u danom temp. intervalu})$$

$$q = 1000 \text{ g} \cdot 4,187 \text{ J K}^{-1} \text{ g}^{-1} \cdot 10 \text{ K} = 41870 \text{ J}$$

a)

$$q = mgh$$

$$h = \frac{41870 \text{ J}}{10 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}} = 426,8 \text{ m}$$

b) $q = UIt = R^2 It$

$$t = \frac{41870 \text{ J}}{1 \text{ A} \cdot (10 \Omega)^2} = 418,7 \text{ s}$$

c)

$$q = A \cdot O$$

$$t = \frac{41870 \text{ J}}{10000 \text{ cm}^2 \cdot 45 \text{ J cm}^2 \text{ min}^{-1}} = 0,093 \text{ min} = 5,6 \text{ s}$$

d) $q = UIt = R^2 It$

$$n(\text{C}) = \frac{41870 \text{ J}}{393\,000 \text{ J mol}^{-1} \cdot 1 \text{ mol}} = 0,107 \text{ mol}$$

$$= 0,107 \text{ mol} \cdot 12 \text{ g mol}^{-1} = 1,2 \text{ g}$$

4. Tijekom neke reakcije povisila se temperatura vode mase 500 g od 15,0 na 21,5 °C pri stalnom tlaku. Izračunajte toplinu koja se oslobodila tom reakcijom, ako je specifični toplinski kapacitet vode 4,187 J g⁻¹ K⁻¹.

$$q = C_p (T_2 - T_1) = C_p \Delta T$$

$$q = mc_p (T_2 - T_1)$$

$$q = 500 \text{ g} \cdot 4,187 \text{ J K}^{-1} \text{g}^{-1} \cdot (294,65 \text{ K} - 288,15 \text{ K})$$

$$q = 13,6 \text{ kJ}$$

Pitanja (Ishodi učenja)

- Što je toplina?
- Što je rad?
- Što je volumni rad?
- Kako biste izračunali rad pri izotermnoj ireverzibilnoj ekspanziji idealnog plina nasuprot stalnom vanjskom tlaku?
- Kako biste izračunali rad pri izotermnoj reverzibilnoj ekspanziji idealnog plina?
- Što je to reverzibilan proces?
- Što je toplinski kapacitet?
- Što je unutrašnja energija sustava?