

Energetika ekosustava



Marko Miliša
marko.milisa@biol.pmf.hr

Plan:

Fizikalni temelj

Energije - vrste i izvori

Primarna produkcija

Potrošnja (sekundarna produkcija)

Energetski koncept ekosustava

Trofički ustroj i hranidbene mreže u ekosustavima

Ispit / ocjena:

Kolokvij/ispit

+

aktivnost i suradnja → + 5 %

3 domaće zadaće → + 45 %

1 seminar → 50 %

Ispit / ocjena:

Ispitni rok:

- a) Upis ocjene onima koji su zadovoljni postignutim rezultatom**
- b) Usmeni ispit (*safety net*) za one koji nisu prezadovoljni uspjehom**

Ispitne teme:

Fizikalne veličine i jedinice (odnosi osnovnih i izvedenih)

Zakoni termodinamike

Sunčeva energija i elektromagnetsko zračenje (priroda EMZ, ishodi djelovanja s tvari, rasponi frekvencija, energija i valnih duljina, posredni učinci sunčeve energije)

Geotermalna energija te povezani procesi i pojave na Zemlji

Primarna produkcija (mjerjenje, etape fotosinteze i inačice metaboličkih puteva, čimbenici koji djeluju na učinkovitost fotosinteze, pigmenti, energetska bilanca)

Ispitne teme:

Produktivnost, standing crop, vrijeme nakupljanja i obrtno vrijeme bioma na Zemlji

Sekundarna produkcija (odnos unesenog, iskorištenog i neiskorištenog, učinkovitost s obzirom na životne navike životinja, disanje)

Protok energije kroz biosferu, trofičke razine i odnosi u ekosustavu, hranidbene mreže

Funkcionalne hranidbene skupine

Detritusni put energije

Izvori znanja:

Bilješke s predavanja i vježbi!

Nema jedinstvenog udžbenika
na hrvatskom jeziku



Miller Jr GT & Spoolman S 2011: **Living in the Environment: Principles, Connections, and Solutions**. Brooks Cole.

Moore JC & de Ruiter PC 2012: **Energetic Food Webs: An analysis of real and model ecosystems** (Oxford Series in Ecology and Evolution). Oxford University Press Oxford.

Ricklefs RE & Miller GL 1999: **Ecology**. WH Freeman & Co. New York.

Harte J 2011: **Maximum Entropy and Ecology: A Theory of Abundance, Distribution, and Energetics** (Oxford Series in Ecology and Evolution) Oxford University Press.

Moore R, Clark WD, Stern KR & Vodopich D 1995: **Botany**. Wm. C. Brown Publishers Dubuque IA.

Izvori znanja (još malo):

Hauer FR & Lamberti GA 2007: **Methods in Stream Ecology**. Academic press, Elsevier Inc. Oxford.

Allan JD 1995: **Stream Ecology**. Structure and function of running waters. Chapman & Hall.

McCann KS 2011: **Food Webs** (MPB-50) (Monographs in Population Biology). Princeton University Press.

Miller DH 1981: **Energy at the Surface of the Earth: An Introduction to the Energetics of Ecosystems**. Academic press 1981.

Burns DM & Macdonald GGS 1980: **Fizika za biologe i medicinare**. Školska knjiga.

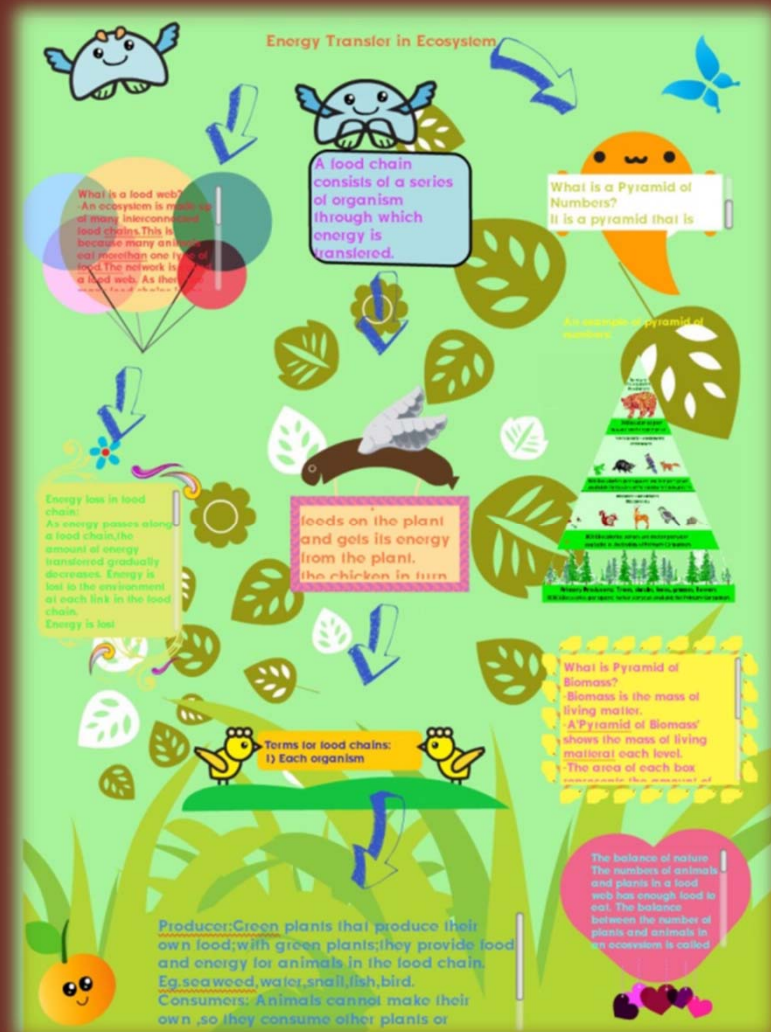
Ili drugi udžbenici koji pokrivaju prethodno navedene teme

Energetika
znanstvena disciplina koja izučava energiju uslijed prijenosa i pretvorbe.



Ekološka energetika
izučava protok E kroz ekosustav.

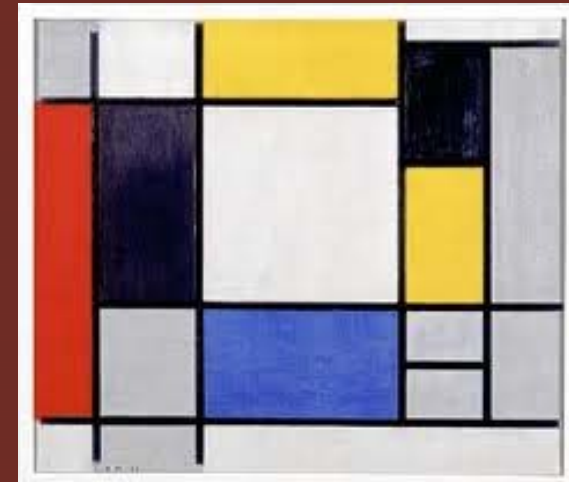
Želi razotkriti načela koja opisuju sklonost tokova energije kroz trofičke ili 'energetski korisne' razine ekološke mreže.



Zašto proučavati energetske tokove?

Sveobuhvatan/sintetski pristup razmatranju procesa u sustavu, a time i otkrivanje novih obilježja sustava i elemenata u **sustavu**

2	
2	
1	
1	
7	
5	



Razmjena energije je osnova (biofizikalne) ekologije.

Zašto proučavati energetske tokove?

Sveobuhvatan/sintetski pristup razmatranju procesa u sustavu, a time i otkrivanje novih obilježja sustava i elemenata u **sustavu**

Za takav pogled potrebno je mjeriti i izražavati veličine u istim mjerama/jedinicama (g AFDM, g C, C:N:P)

fotosinteza,
respiracija,
rast,
biomasa



temperatura
osvjetljenost
sila vode/tlak/nadmorska
visina...

E?



Sposobnost tijela/sustava da obavlja rad

Rad?



Količina energije koja se **prenese**
(djelovanjem sile na putu)



Sila?

Fizikalna veličina/djelovanje koje uzrokuje promjene u
gibanju (slobodnog tijela)
ili u obliku (na čvrstom tijelu)

$$F = m \times a \longrightarrow W = F \times s = \Delta E$$



Snaga?

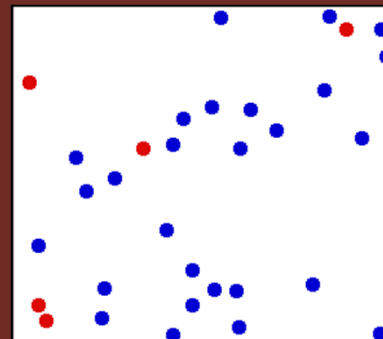


Stopa obavljanja rada ili
izmjene energije u jedinici vremena

$$P = W t^{-1} = \Delta E t^{-1}$$

Osnovne fizikalne veličine

1. Vrijeme
2. Duljina
3. Masa
4. Temperatura
5. Intenzitet svjetlosti
6. Jakost električne struje
7. Količina tvari



S.I. jedinice

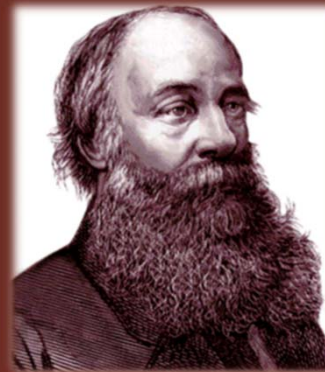
$$F = m \times a$$

$$N [kg \times m \times s^{-2}]$$



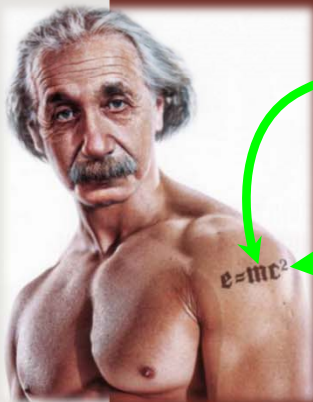
$$W = F \times s = \Delta E^*$$

$$J = Nm [kg \times m^2 \times s^{-2}]$$



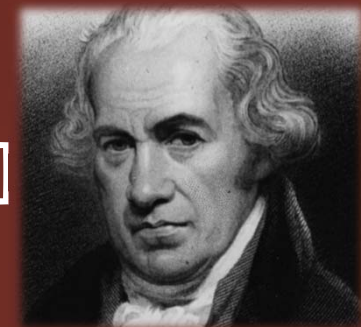
$$= Ws \rightarrow kWh$$

Mnemo:



$$P = W / t = \Delta E / t$$

$$W = J / s [kg \times m^2 \times s^{-3}]$$



$$* E_k = m \times v^2 / 2 = E_p = m \times g \times h$$

N

iznos sile kojom je potrebno djelovati na tijelo mase 1 **kg** da bi se ono ubrzalo za 1 **m/s²**

$$= 0.10197 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$



W

stopa po kojoj se obavlja rad (snaga), kada se održava stalna brzina tijela od 1 **m/s** protiv stalne suprotstavljene sile od 1 N.

TRADICIJSKE JEDINICE (izvan S.I.)

(k)P težina tijela mase jedan (k)g
pri ubrzanju od 9.81 m/s^2

$$N = 1 \text{ kg} \times 1 \text{ m s}^{-2};$$

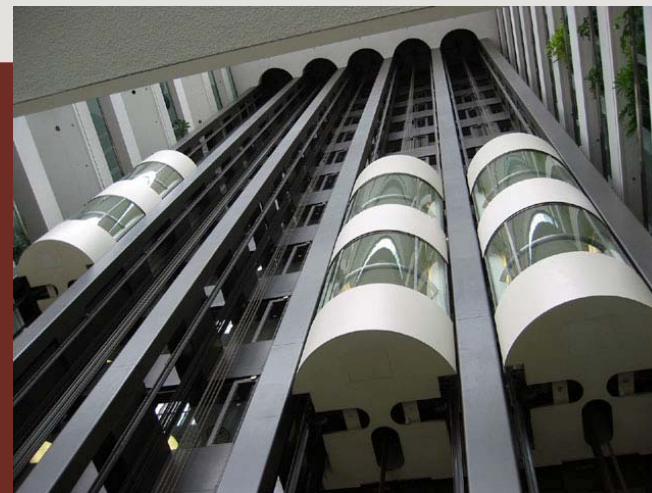
$$kP = 1 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m s}^{-2} \rightarrow 9.81 \text{ N} = 1 \text{ kP}$$

KS (prema DIN) snaga potrebna da se masa od 75 kg podigne
(djelujući silom od 75 kP) na visinu od 1 m u vremenu od 1 s.
 $1 \text{ KS} = 75 \text{ kP m s}^{-1}$



$$1 \text{ KS} = 735.5 \text{ W} \quad (75 \text{ kg} \times 1 \text{ m} \times 9.81 \text{ m s}^{-2})$$

$$1 \text{ kW} = 1.36 \text{ KS}$$



J – E potrebna za primjenjivanje sile od 1 N u duljini od 1 m
Vrijeme nije varijabla

Cal – E potrebna da se zagrije 1 g vode za 1 °C/K



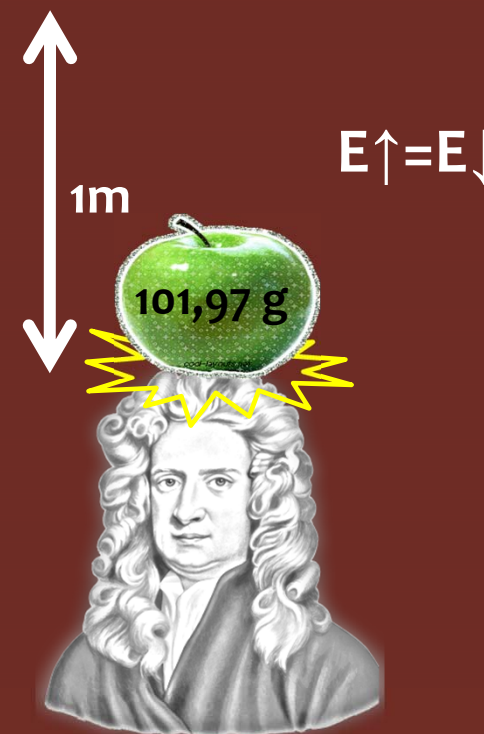
$$J = 0.239 \text{ cal} \Leftrightarrow \text{cal} = 4.184 \text{ J}$$

$$W = J/s \rightarrow J = Ws$$

$$1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J}$$

$$1 \text{ kWh} = 3.6 \times 10^6 \text{ J} (3.6 \text{ MJ})$$

$$\text{eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$$



Zadatak:

1. Izračunajte koliko energije/rada utrošite na dolazak do predavaonice

(zanemarite horizontalno gibanje i energiju utrošenu na otvaranje vrata)

Prema tome izmjerite/izračunajte i vlastitu nominalnu snagu

2. Koliko je energije i snage je potrebno za obaranje svjetskog rekorda u bacanju bačve (keg toss; 15 kg i 7.5 m)





Joule - zanimljivosti

E oslobođena kao toplina osobe u mirovanju, svaku stotinku.

E potrebna za zagrijavanje grama suhog zraka za 1 stupanj.



E_k odraslog zeca koji se kreće brzinom od 70 cm s^{-1} .

E_k teniske loptice slabog servisa – 50 J.



E kapi piva (0.1 mL) – 100J.

Energija potreb

ce – 40 (30) J.



Omjeri standardnih i manje standardnih jedinica Primjeri energetske vrijednosti nekih tvari

1 barel nafte = 4.7×10^9 (4.7 GJ); 1 kgoe = 41868 J

1 L diesela = 40.3 MJ

1 L benzina = 34 MJ

1 L maslinovog ulja = 33 MJ

1 kg ugljena = 30 MJ

1 kg drva = 16-21 MJ

1 m³ plina GPZ > 33.338 MJ

1 kg ²³⁵U = 77000000 MJ (77 TJ)

1 kg TNT = 4.184 MJ (= 1 Mcal)

Termodinamika

Svako međudjelovanje s okolišem uključuje razmjenu energije (ili mase).

Fotoreceptori

EMZ

Mehanoreceptori (sluh, dodir)

E_k (mehanička)

Termoreceptori

Q i/ili EMZ

Kemoreceptori (njuh, okus)

tvar



Termodinamika

Toplina (Q)

E koja je **prenesena** kondukcijom, konvekcijom i radijacijom



$$Q = \Delta U = c m \Delta T$$

Nulti zakon termodinamike

ako su tijela {A i C} i {B i C} u ravnoteži – u ravnoteži su i tijela A i B
koncept temperature

**Ako protoka topline nema - tijela su u ravnoteži -
tijela su jednake temperature**

$$Q = 0 \rightarrow \Delta T = 0$$



Načini prijenosa topline

Kondukcija (provođenje)

prijenos toplinske energije kroz (krutu) tvar
kontaktom bez EMZ ili usmjerenog kretanja čestica

Konvekcija (prijenos)

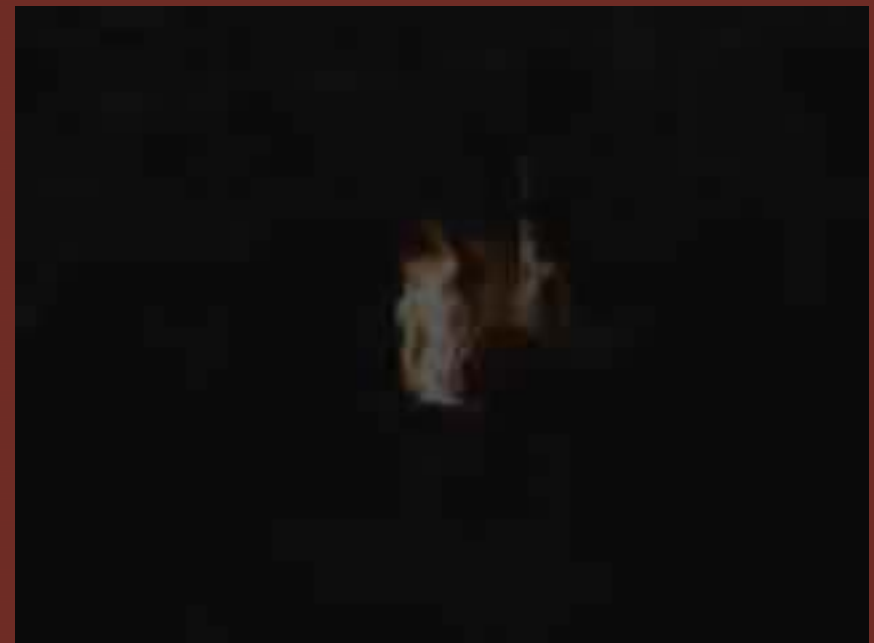
prijenos toplinske energije kretanjem čestica (fluid)

Radijacija (zračenje)

prijenos toplinske
energije EMZ

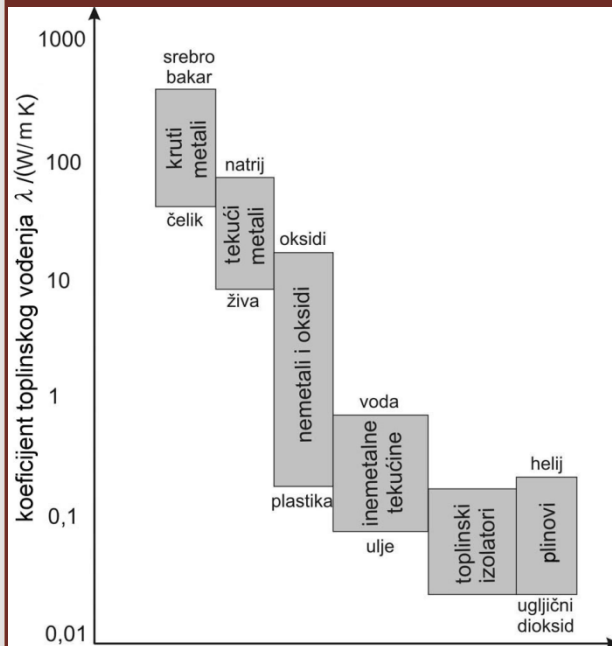
+

Latentna toplina



Termodinamika i osjetila

Stol na kojem pišem i brava na ladici izloženi su istoj temperaturi zraka i, dakle, imaju jednak stupanj topline. Ipak ... potonje se na dodir čini mnogo hladnijim, ne jer je zbilja tako već jer je bolji vodič i bolje odvodi na sebe vatru koja bješe u mojoj koži.



B. Franklin 1757.



$$\text{Tok} = (C_{\text{org}} - C_{\text{oko}}) / r$$

C_{org} - koncentracija svojstva u organizmu u dijelu koji je u dodiru s okolišem

C_{oko} - koncentracija svojstva u okolišu

r - koeficijent otpora razmjeni svojstva

Specifični toplinski kapaciteti i provodljivost nekih stvari

	$c \text{ (J g}^{-1} \text{ K}^{-1})$	$\lambda \text{ (W m}^{-1} \text{ K}^{-1})$
Zrak	1.012	0.025
Voda (tekuća)	4.184	0.6
Led	2.11	2
Drvo	1.2 - 2.9	0.04-0.4
Tlo	0.8	1.5
Vapnenac	0.88	1.3
Bakar	0.385	401



	$c \text{ (J g}^{-1} \text{ K}^{-1})$	$\lambda \text{ (W m}^{-1} \text{ K}^{-1})$
Krv	3.617	0.52
Mozak (siva tvar)	3.696	0.55
Mliječna žlijezda	2.96	0.33
Srčani mišić	3.686	0.56
Skeletni mišić	3.421	0.49
Jezik	3.421	0.49
Živac	3.613	0.49

Prvi zakon termodinamike

Zakon o očuvanju energije

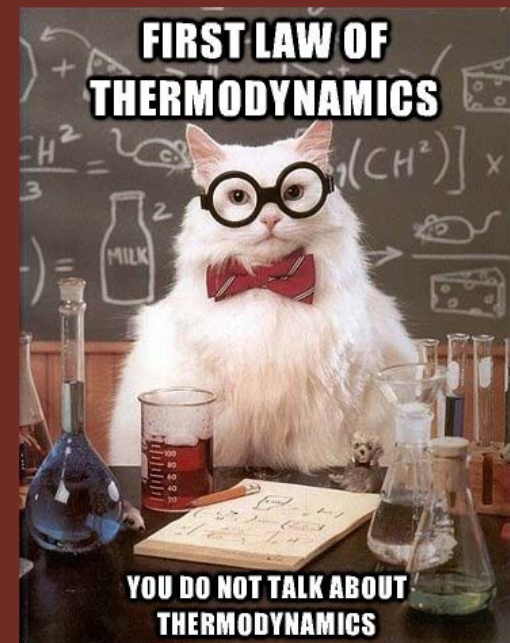
Zbroj količina topline i mehaničkog rada u zatvorenom sustavu je konstantan

$$W + Q = k = E_2 - E_1 = \Delta U$$

U prirodi jedan oblik energije prelazi u drugi i nikad ne nastaje iz ničega niti može nestati.

Izoliran sustav može izmijeniti energiju s okolišem u dva oblika: toplina i rad

Otvoreni sustav može izmijeniti energiju s okolišem i razmjenom tvari!



Život izvan termodinamike ?

Transport tvari (npr. izmjena plinova i prehrana)

Djelovanje sila na organizme (struja vode ili vjetra)
prijenos količine gibanja

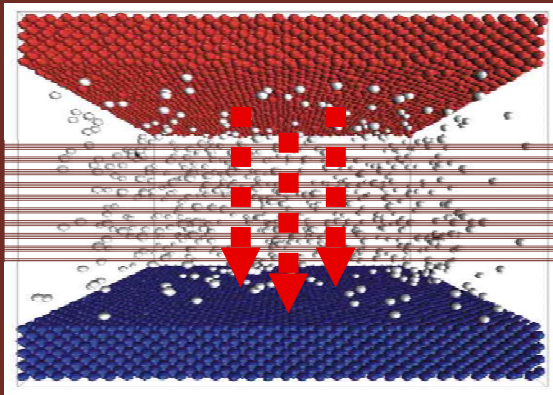


Principi razmjene slični principima razmjene topline!

Difuzija ($\approx$ raspodjela Q u konvekiji)

Drugi zakon termodinamike

Proces prijenosa energije je spontan i uvijek teče iz višeg prema nižem energetskeg stanju.



Drugi zakon termodinamike

entropija izoliranih makroskopskih sustava se nikada ne smanjuje

$$dS \geq 0$$

Entropija (S) je u termodinamici **funkcija stanja** sustava

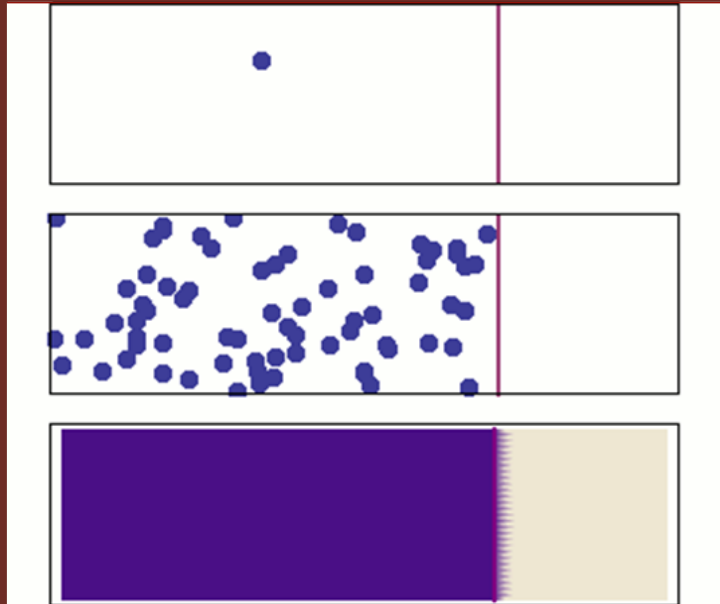
$$dS = \delta Q / T$$

δQ je toplina (**veličina procesa**) razmijenjena u reverzibilnom procesu kojim sustav prelazi iz jednog stanja u drugo,
 T je apsolutna temperatura.



Drugi zakon termodinamike

Entropija se povećava i procesima miješanja, bez prijenosa energije u obliku topline.



$$S = k \ln W$$



Stvarni procesi u prirodi su uvijek ireverzibilni, tj. kod njih entropija uvijek raste. U biološkim sustavima trajan donos energije/tvari omogućuje održanje entropije relativno niskom

Entropija u informacijskoj teoriji

Mjera nepredvidljivosti ishoda



Gibbs: logaritam od ukupnog (diskretnog) broja mikroskopskih stanja koja vode do istog makroskopskog stanja nekog sustava:

$$S = -k \sum p_i \log p_i$$

$$H' = - \sum p_i \log p_i$$

Treći zakon termodinamike

Kako se temperatura sustava približava 0 K, entropija sustava približava se stalnom minimumu.