

A mechanika, termodinamika és statisztikus fizika kapcsolata (ismétlés / bevezetés)

Osváth Szabolcs

Semmelweis Egyetem

Tudomány

a tudomány az emberiségnek a világ megismerésére és megértésére irányuló vállalkozása



a szókedenci hétszáz éves hárs

Matematika

„... Ez a könyv a matematika nyelvén íródott...ami nélkül az ember csak hiába bolyong egy sötét labirintusban.”

A matematika alkalmazásának előnyei:

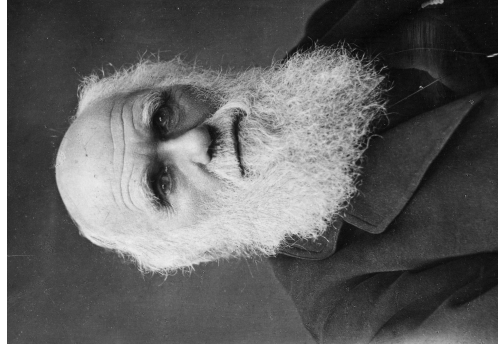
- precíz jósálatok (összevetés egyre kifinomultabb mérésekkel)
- szigorúan levezetések
- absztrakt gondolkodás



Galileo Galilei (1564 – 1642)

Matematika szerepe

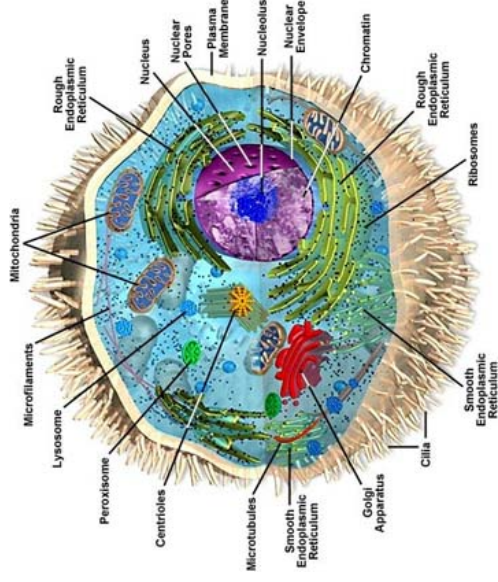
„... in after years I have deeply regretted that I did not proceed far enough at least to understand something of the great leading principles of mathematics, for men thus endowed seem to have an extra sense.”



Charles Darwin (1809 –1882)

Matematika szerepe

a sejtbiológia nagy sikereket ért el matematika alkalmazása nélkül



Matematika szerepe

nagy mennyiségű, csillagokra és bolygókra vonatkozó megfigyelést halmozott fel



Tycho Brahe (1546 – 1601)

Matematika szerepe

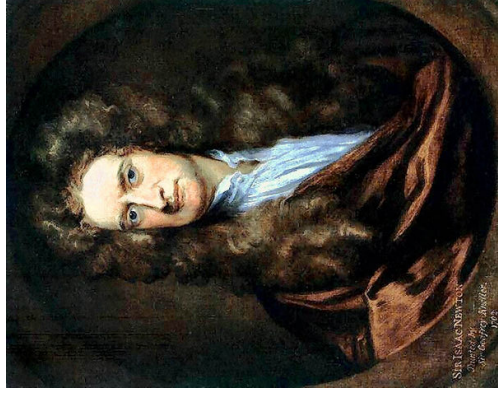
felismerte a bolygó mozgások törvényszerűségeit – matematikai modellt alkotott



Johannes Kepler (1571 – 1630)

Mechanika

mechanika: a fizikának az az ága, ami a testek mozgásának leírásával, az erők hatásának vizsgálatával foglalkozik



Sir Isaac Newton (1642 – 1727)

Mechanika rendszerek leírása

determinizmus: a rendszer kezdeti állapota egyértelműen meghatározza a rendszer jövőbeli fejlődését

a rendszer állapota:

$$q, \dot{q}$$

$$q, p$$

időbeli fejlődés:

$$q, \dot{q}, \ddot{q}, L$$

$$q, p, \dot{q}, \dot{p}, H$$



Sir William Rowan Hamilton
(1805 – 1865)

Termodinamikai átalakulások

kvázisztatikus átalakulás: az állapot olyan lassan változik, hogy a rendszert minden pillanatban egyensúlyban lévőnek tekinthetjük

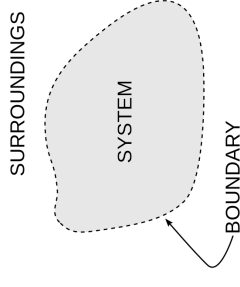
reverzibilis átalakulás: a kezdeti állapotából valamilyen közbülső állapotokon keresztül a végállapotba mozdított termodinamikai rendszer a végállapotból a kezdeti állapotba ugyanazonakon a közbeeső egyensúlyi állapotokon keresztül jut vissza



Termodinamika

termodinamika (hőtan): a fizika energiaátalakulásokkal foglalkozó tudományterülete

termodinamikai rendszer: az univerzum egy jól meghatározott makroszkopikus része



környezet: az univerzumnak a termodinamikai rendszeren kívüli része, amely körülveszi a termodinamikai rendszert

A termodinamikai rendszert és a környezetét egy valós, vagy képzeletbeli fal határolja. A falak csak meghatározott típusú kölcsönhatást engednek meg a környezettel (pl. anyagcsere, munka, hőcsere).

Termodinamikai állapothatározók

állapothatározók: a termodinamikai rendszer állapotát leíró makroszkopikusan mérhető mennyiségek

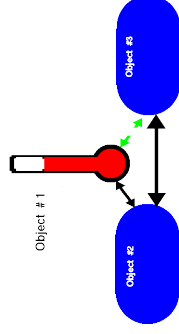
extenzív mennyiségek: tartományon értelmezett mennyiségek, termodinamikai rendszerek egyesítésékor összeadódnak (térfogat V , tömeg m , belső energia)

intenzív mennyiségek: pontban értelmezettek termodinamikai rendszerek egyesítésékor kiegyenlítődnek (nyomás p , hőmérséklet T)

állapotegyenletek: az egyensúlyban lévő rendszer állapotfüggvényei között teremtenek kapcsolatot

A termodinamika 0. főtétele

- magára hagyott termodinamikai rendszer egy idő után egyensúlyi állapotba kerül
- egyensúlyban levő termodinamikai rendszer szabadsági foka egyenlő a környezettel lehetséges kölcsönhatások számával
- két termodinamikai rendszer egyensúlyban van, ha a kölcsönhatásukat jellemző intenzív állapotváltozóik egyenlők
- a termodinamikai egyensúly tranzitív

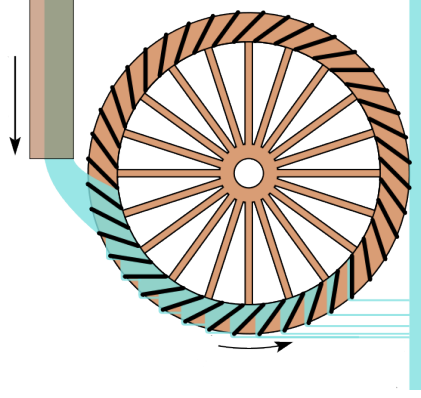


A termodinamika 2. főtétele

a spontán folyamatok iránya

Nincs olyan folyamat, amelynek egyetlen eredménye, hogy hő megy át hidegebb testről melegebbre.

Monotermikus körfolyamat nem végezhet munkát.

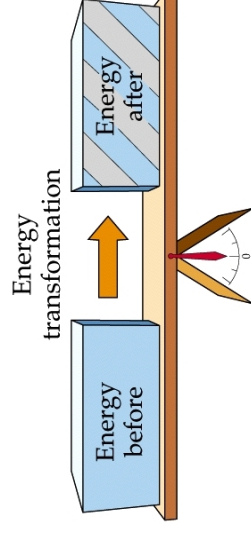


A termodinamika 1. főtétele

az energiamegmaradás törvénye

zárt termodinamikai rendszer belső energiáját kétféleképpen lehet megváltoztatni: munkavégzéssel és hőközléssel

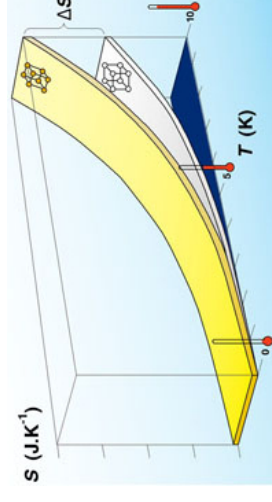
$$\Delta U = Q + W$$



A termodinamika 3. főtétele

Az abszolút tiszta kristályos anyagok entrópiája nulla kelvin hőmérsékleten zérus.

Nem lehet a 0K hőmérsékletet véges számú lépésben elérni.



Állapotfüggvények

állapotfüggvények: az állapot-határozók olyan többváltozós függvénye, amelyeknek értéke csak az adott állapottól, megváltozása pedig csakis a kezdeti és végállapottól függ (termodinamikai potenciálok)

Termodinamikai entrópia

$$dS = \frac{\delta Q}{T}$$

állapotfüggvény

nem megmaradó mennyiség

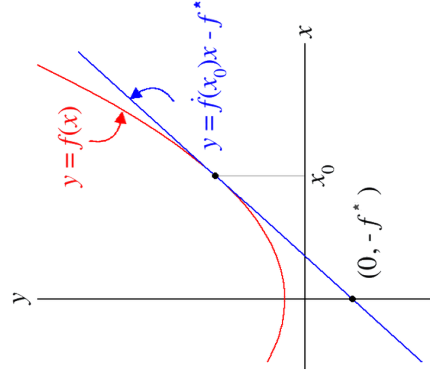


Rudolf Julius Emanuel Clausius
(1822 – 1888)

Legendre transzformáció

$$f^*(p) = \sup_x (px - f(x))$$

Ha f deriválható, akkor $f^*(p)$ a p meredekségű érintő y tengellyel való metszetnek negatív értéke.



Termodinamikai potenciálok

Name	Symbol	Formula	Natural variables
Internal energy	U	$\int (T dS - p dV + \sum_i \mu_i dN_i)$	$S, V, \{N_i\}$
Helmholtz free energy	F	$U - TS$	$T, V, \{N_i\}$
Enthalpy	H	$U + pV$	$S, p, \{N_i\}$
Gibbs free energy	G	$U + pV - TS$	$T, p, \{N_i\}$

