

Fizika 1i

Hötan 1

Termodinamika

Korpuszkuláris elmélet:

a rendszerek szabad szemmel nem látható elemi részekből tevődnek össze.



Mechanika törvényei

differenciálegyenletek: mind gyakorlatilag, mind elméletileg (Heisenberg) megoldhatatlan

A termodinamika a mikroszkopikus mennyiségek helyett makroszkopikus, statisztikus (átlagos) mennyiségekkel dolgozik (pl. nyomás, belső energia, hőmérséklet).

Termodinamika

- a mechanikától, eltérően itt a folyamatok egyirányúak, nem megfordíthatók.
- ez az első olyan leírás, amelyik egy fizikai rendszer evolúciójával (fejlődés, haladás, természettudományos materializmus, darwinizmus) számol.
- a hagyományos TD elsősorban energetikailag írja le egy fizikai rendszer viselkedését.
- termodinamikai módszerekkel (**statisztikus extenzív és intenzív mennyiségek, entrópia**) dolgoznak más tudományágak is (pl. közgazdaságtan).

Termodinamikai rendszer

A térnek jól definiálhatóan, képzelt vagy valós határfelülettel elkülönített része.

Homogén: makroszkopikus tulajdonságok minden pontban azonosak.

Inhomogén: egyes makroszkopikus tulajdonságok helyről helyre változnak; eloszlásukat folytonos függvény írja le.

Heterogén: ugrásszerűen változó makroszkopikus tulajdonságok.

Pl. jég-víz rendszer

Fázis: a rendszer homogén kémiai összetételű és homogén vagy inhomogén fizikai szerkezetű része.

Komponens: a rendszernek a kémiai tulajdonság alapján megkülönböztethető része.

Termodinamikai rendszer

A rendszer állapotától függő makroszkopikus jellemzőket **állapotjelzők**nek (állapothatározóknak) nevezzük.

Az alap-állapot jelzők:

tömeg (anyagmennyiség) m (n)

térfogat V

nyomás (p)

hőmérséklet (T)

koncentráció (c)

Extenzív: függenek a rendszer kiterjedésétől és additívak :
tömeg (m), térfogat (V), belső energia (U),..

Intenzív: nem függenek a rendszer méretétől, és nem
additívak: hőmérséklet (T), nyomás (p), koncentráció (c)

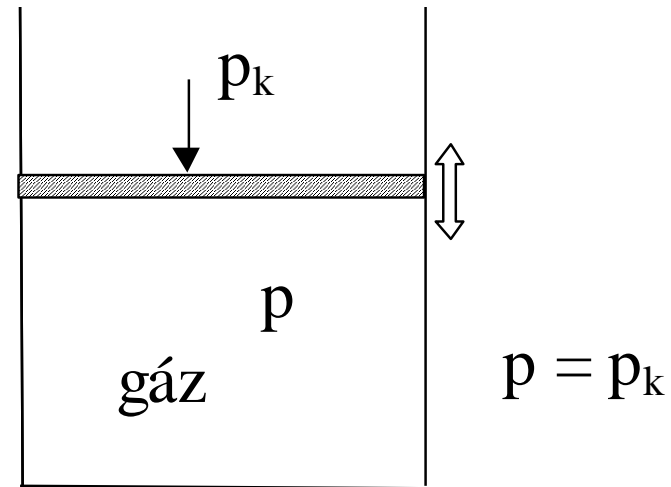
A rendszer termodinamikai egyensúlyban van, ha az állapotváltozók egyike sem változik. Egyensúlyban nem játszódnak le makroszkopikus folyamatok.

Nem egyensúlyi rendszer: állapotváltozók az időben változnak.

Reverzibilis változás: végállapotból ugyanazon közbülső egyensúlyi állapotokon keresztül jut a rendszer a kezdeti állapotba. Olyan folyamat, amelyet a változók infinitezimális módosításával meg lehet fordítani.

A valóságos folyamatok mindig irreverzibilisek.

Pl. egy gáz reverzibilis összenyomása azt jelenti, hogy a külső nyomás csak észrevétlenül nagyobb, mint a gáz nyomása, tehát a rendszer és környezete között mechanikai egyensúly van.



A valóságos folyamatok sok esetben jól megközelítik a reverzibilis határesetet.

Gyakran vizsgált folyamatok:

Izoterm ($t = \text{áll.}$)

izobár ($p = \text{áll.}$)

izosztér, izochor ($V = \text{áll.}$)

adiabatikus ($Q = 0$)



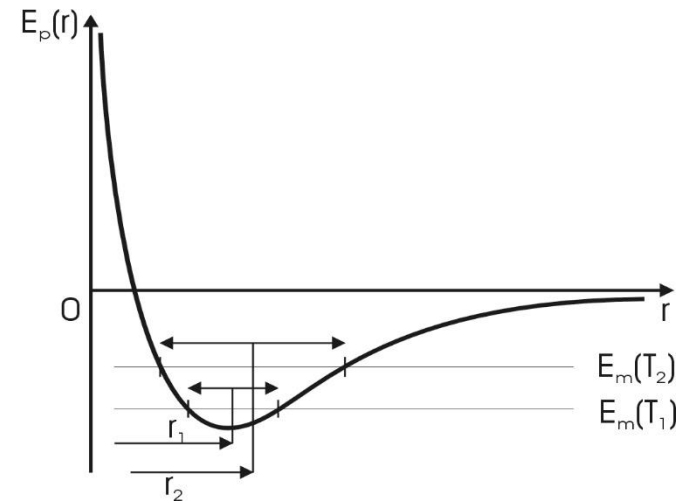
Hőmérséklet

Andres Celsius (1701-1744)

1737-ben tervezte meg a ma is általánosan használt (100 fokos beosztású) hőmérsékletskálát, melynek azóta is megőrizte nevét, sőt az egyik leggyakrabban elhangzó névvé tette világszerte. Ötlete, amelyet 1742-ben ismertetett a Svéd Akadémián tartott előadásában, leegyszerűsítette a hőmérsékletmérést, és a kapcsolódó számításokat.

Celsius azonban a forráspontot jelölte 0-val, s a fagyáspontot 100-al, a két számot 1750-ben Stromer svéd tudós cserélte fel.

Hőtágulás



Szilárd testek:
Lineáris hőtágulás.

$$l = l_0(1 + \alpha \Delta T)$$

$$\Delta T = T - T_0$$

Térfogati hőtágulás

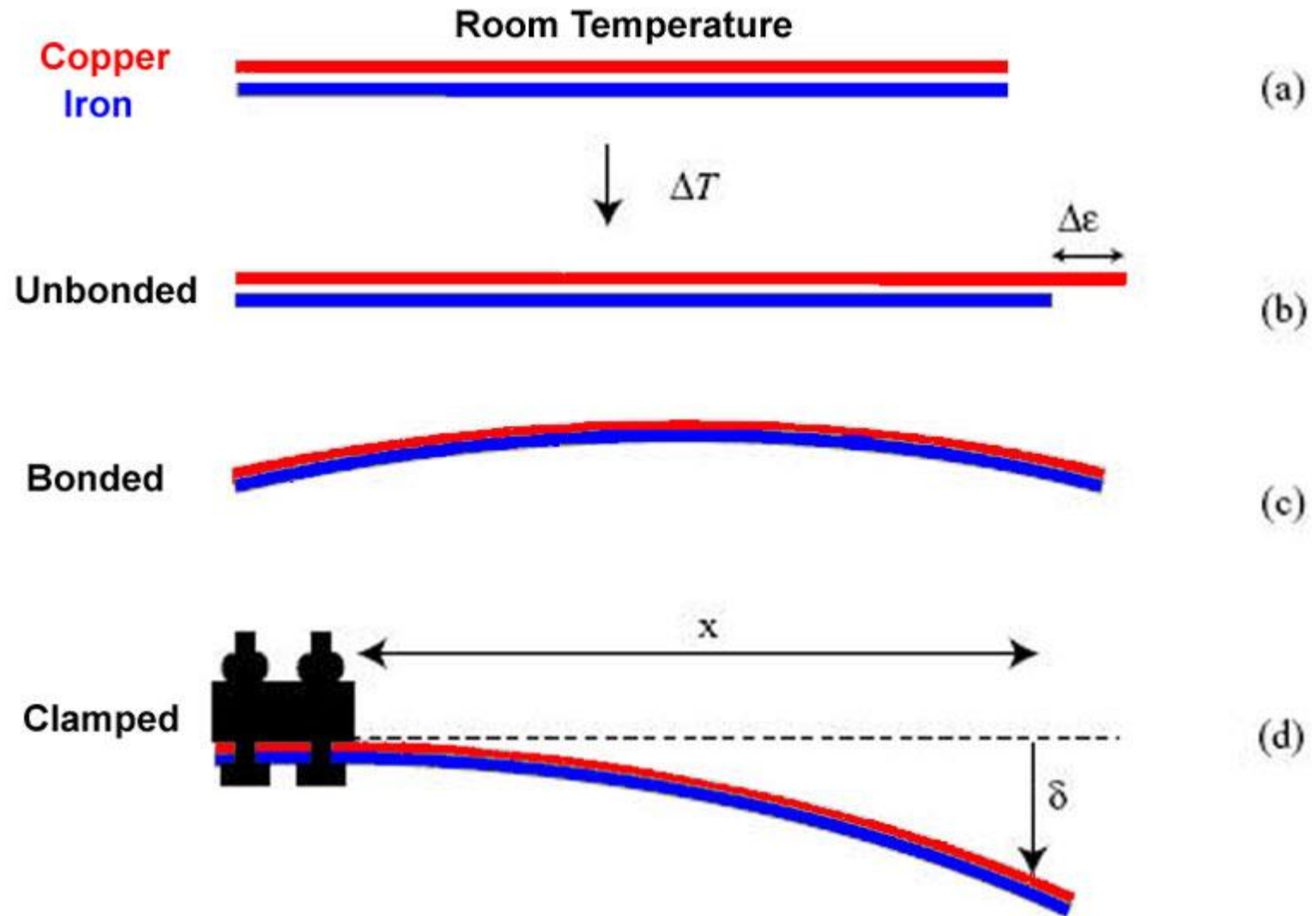
$$V = V_0(1 + \beta \Delta T)$$

$$\Delta T = T - T_0$$



Bimetal Strip

Two Metals Bonded Together with Different Coefficients of Expansion



Folyadékok termodinamikája.

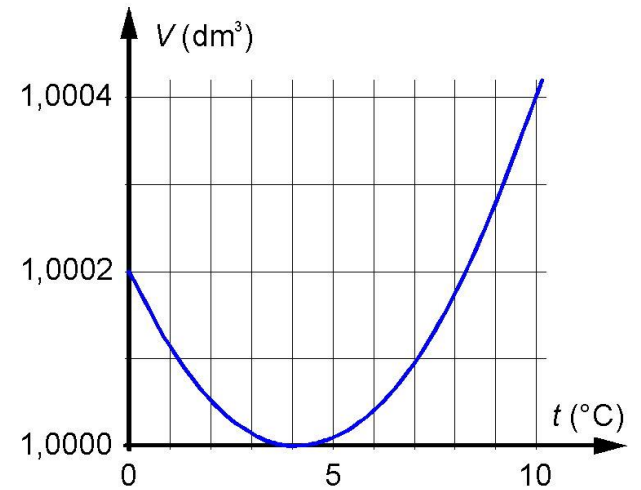
Térfogati hőtágulás.

$$V=V_0(1+\beta\Delta T)$$

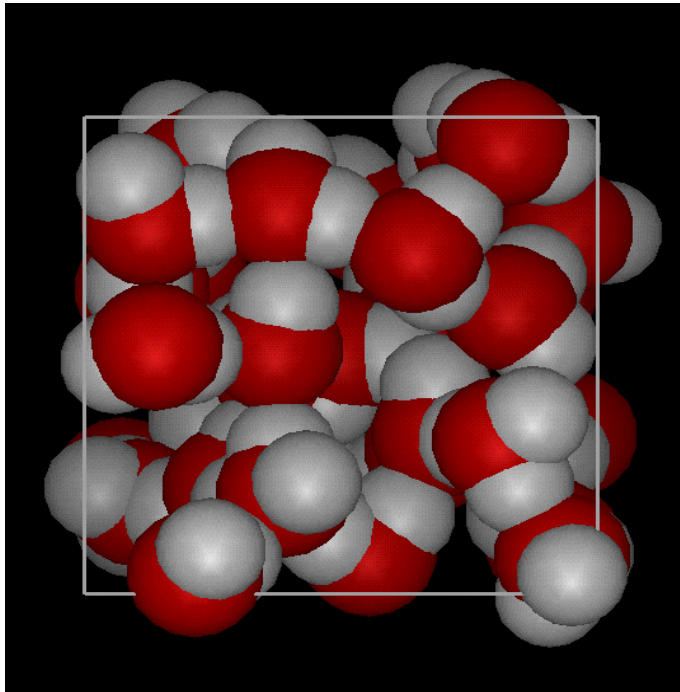
$$\Delta T=T-T_0$$

β a térfogati hőmérsékleti együttható,
 $\beta=3 \alpha$

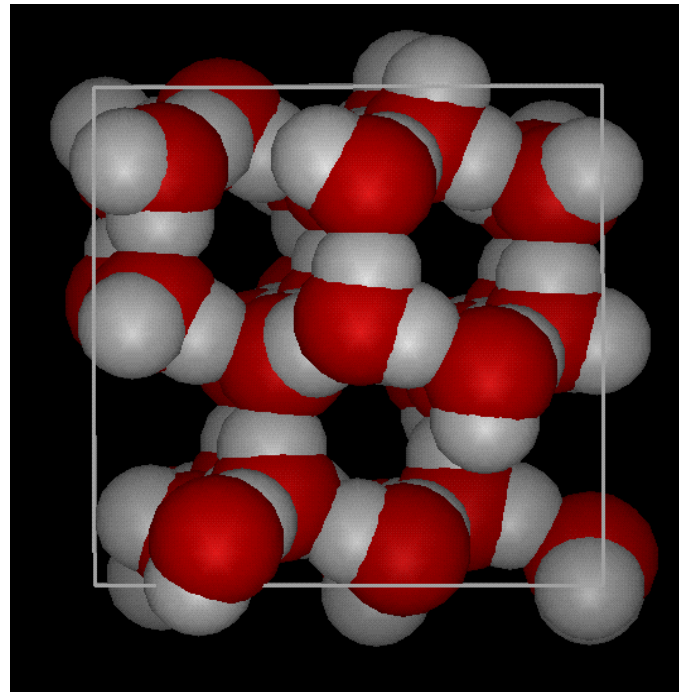
Víz térfogatváltozása



víz



jég



Nyomás

$$p = F/A \cdot (\text{nyomóerő/felület})$$

Egysége: Pascal (N/m²)

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ atm} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

1 torr = 1 Hgmm: 1 mm magas higanyoszlop hidrosztatikai nyomása ($p = \rho \cdot g \cdot h$)

Gázokban a nyomás a molekulák által szállított impulzus áramsűrűsége.

$$\text{Erő: } F = \frac{d(mv)}{dt}$$

Belső energia U:

a rendszert felépítő részecskék kinetikus és potenciális energiájának az összege.

Nem foglalja magában az egész rendszernek, mint makroszkopikus testnek a kinetikus és potenciális energiáját.

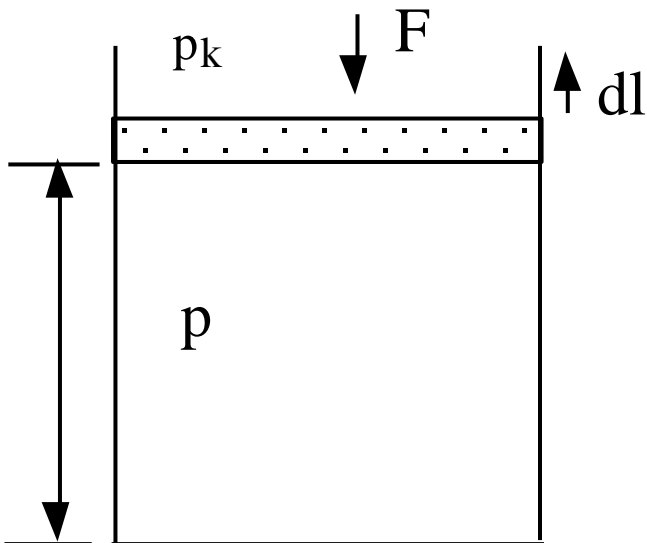
a belső energia abszolút értékét nem tudjuk pontosan megadni, csak a változását: ΔU .

A munka

A mechanikai munka az erő és az elmozdulás skalárszorzata:

$$\delta W = \vec{F} \cdot \vec{dl}$$

Termodinamikában a legtöbbet a térfogati munkával találkozunk.



$$\delta W = \vec{F} \cdot \vec{dl} = p_k \cdot A \cdot (-dl)$$

$$\delta W_{terf} = -p_k \cdot dV$$

$$W_{terf} = -\int_{V_1}^{V_2} p_k dV$$

0. főtétele: Izolált rendszer egyensúlyi állapot felé tart, a kialakuló egyensúly stabil

I. főtétele: Energia-megmaradás törvénye

Elszigetelt rendszer: $\Delta U = 0$

Zárt rendszer: $\Delta U = W + Q$

Gázok termodinamikája

Állapotegyenlet: az egyensúlyban levő rendszer állapotfüggvényei között teremtet kapcsolatot.

Pl. ideális gáz

állapotegyenlete:

$$pV = nRT$$

$$R = 8,314 \text{ Jmol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$V [\text{m}^3]$$

$$T [\text{K}]$$

$$p [\text{Pa}]$$

$$n [\text{mol}]$$

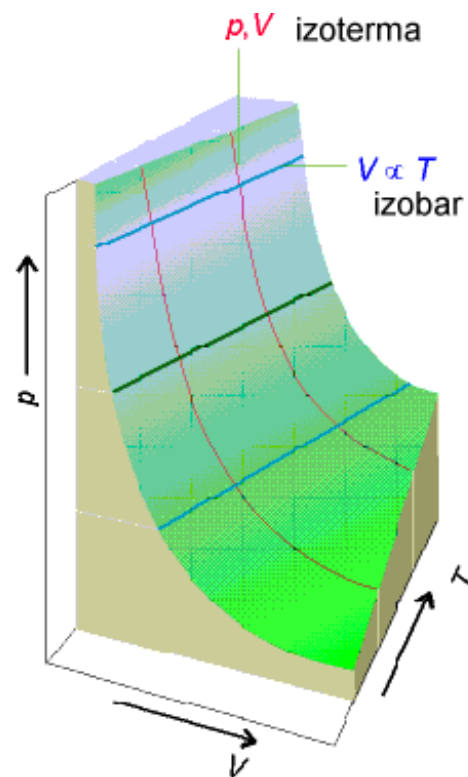
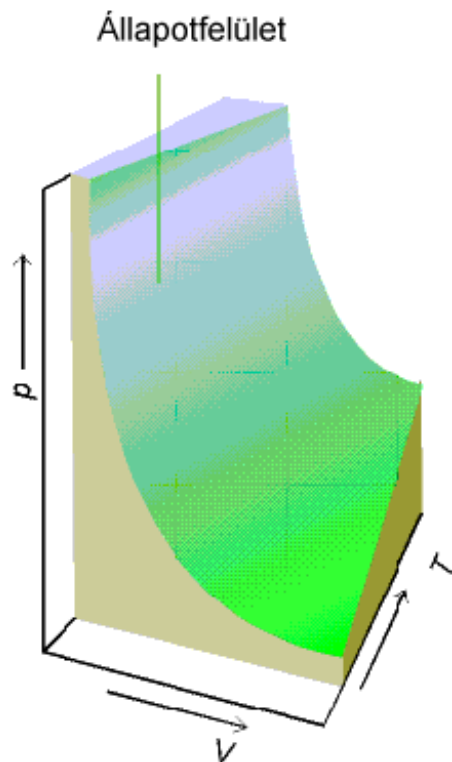
Ideális gáz:

- nincs saját alakja,
- kitölti a rendelkezésre álló teret,
- kölcsönhatás a részecskék között csak ütközéskor

Valóságos anyagok állapotegyenletei empirikus függvények (hatványsor, diagram, táblázat formájában).

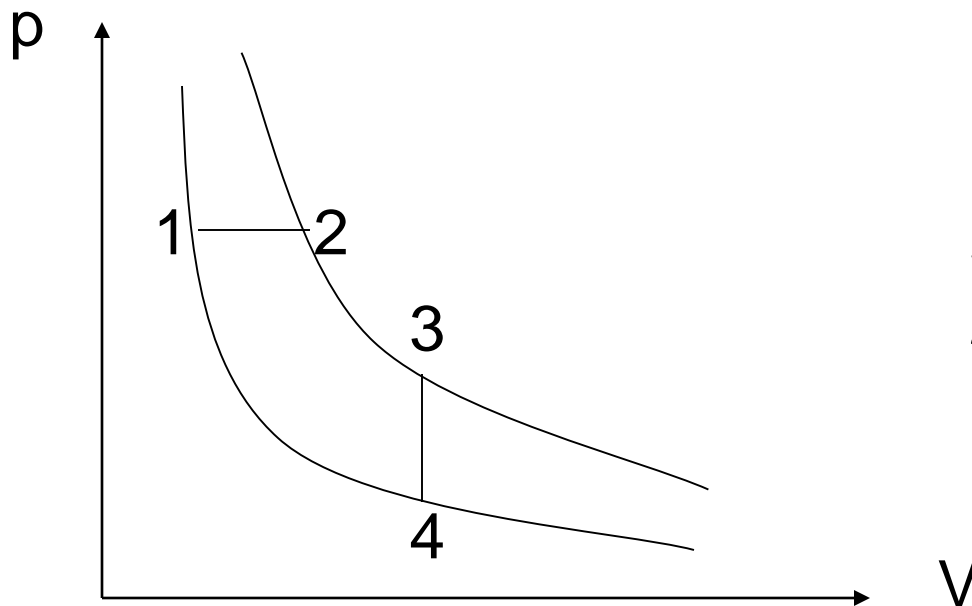
Az állapotegyenlet ábrázolása háromdimenziós koordinátarendszerben: állapotfelület

$$f(p, V, T, n) = 0$$



Tökéletes gázok állapotváltozásai (izobár, izochor, izoterm)

Reverzibilis állapotváltozásokat tárgyaljuk.



- 1 - 2: izobár
- 3 - 4: izochor
- 2 - 3: izoterm

Izochor állapotváltozás (V=állandó)

Térfogati munka:

$$W = 0$$

Hő (belsőenergia-változás):

$$Q_v = \Delta U = n \int_{T_1}^{T_2} C_{mv} dT$$

Entalpia-változás:

$$\Delta H = \Delta U + \Delta(pV) = \Delta U + nR \int_{T_1}^{T_2} dT = n \int_{T_1}^{T_2} (C_{mv} + R) dT = n \int_{T_1}^{T_2} C_{mp} dT$$

Izobár állapotváltozás (p állandó)

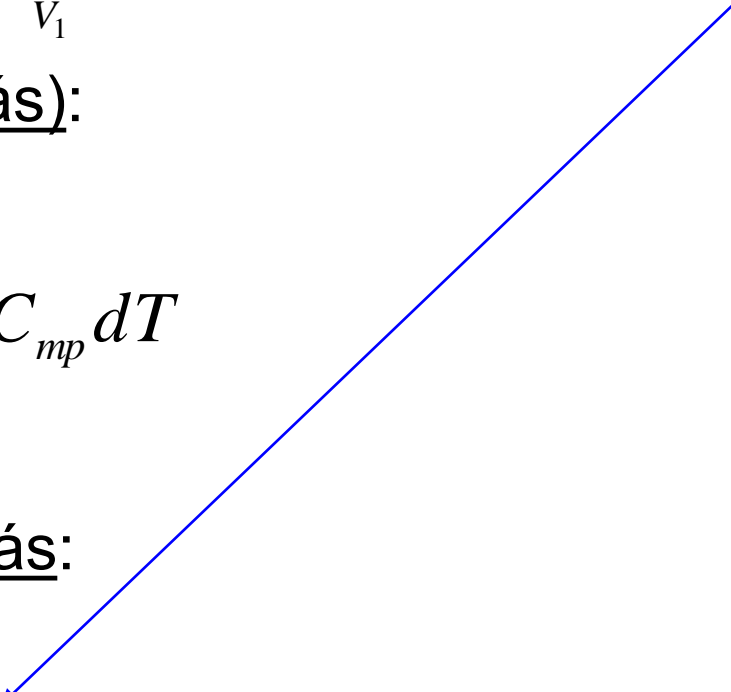
Térfogati munka:

$$W = -\int p dV = -p \int_{V_1}^{V_2} dV = -p(V_2 - V_1) = -nR(T_2 - T_1)$$

Hő (entalpia-változás):

$$Q_p = \Delta H = n \int_{T_1}^{T_2} C_{mp} dT$$

Belsőenergia-változás:

$$\Delta U = W + Q = -nR \int_{T_1}^{T_2} dT + n \int_{T_1}^{T_2} C_{mp} dT = n \int_{T_1}^{T_2} (C_{mp} - R) dT = n \int_{T_1}^{T_2} C_{mv} dT$$


Izoterm állapotváltozás (T állandó)

$$\Delta U = 0 \quad Q = -W \quad \Delta H = 0$$

Térfogati munka:

$$W = \int_{V_1}^{V_2} -p dV \quad p = \frac{nRT}{V}$$

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

Boyle-Mariotte törvény: $p_1 V_1 = p_2 V_2$

$$W = -nRT \ln \frac{p_1}{p_2} = nRT \ln \frac{p_2}{p_1} \quad Q = -W = -nRT \ln \frac{p_2}{p_1}$$

Adiabatikus állapotváltozás ($Q = 0$)

$$Q = 0, \quad \Delta U = W$$

Adiabatikus folyamatban mindhárom állapotjelző (p , T , V) változik.

$$TV^{\kappa-1} = \text{állandó}$$

$$\frac{C_p}{C_v} = \kappa$$