

Hő és áramlástan

Tanár: Dr. Sánta Róbert

Szóbeli

Hő

Állapotváltozások/állapotjelzők

Körfolyamatok

Föltételek

Áramlástan

Nyugvó folyadékok – Hidrosztatikus

Pascal – összenyomhatatlansági tétel

Nyomás viszkozitás felületi feszültség

Arkhimédész törvénye (felhajtó erő)

Kontinuitás folytonossági tétel

Bernoulli egyenlet

Hő

A hőtán a termodinamika része.

Halmazállapotok:

Halmaz állapot szerint az anyag lehet:

- szilárd
- cseppfolyós
- gáznemű

Szilárd

Jellemző, hogy merev az alakja, állandó térfogattal rendelkezik. A molekulák között kohéziós erő van. Hő hatására rezegnek a molekulák.

Cseppfolyós

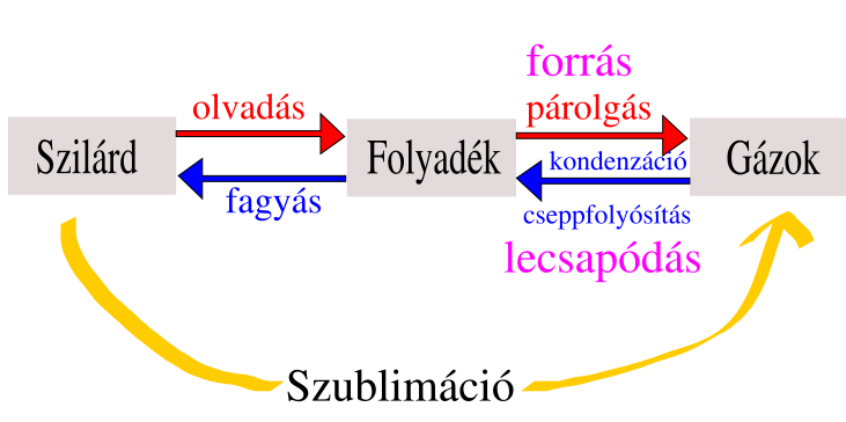
Jellemző, hogy nem merev. Felveszi az edény alakját. A molekulák között itt is kohéziós erő van, de már nem olyan erős a kapcsolat.

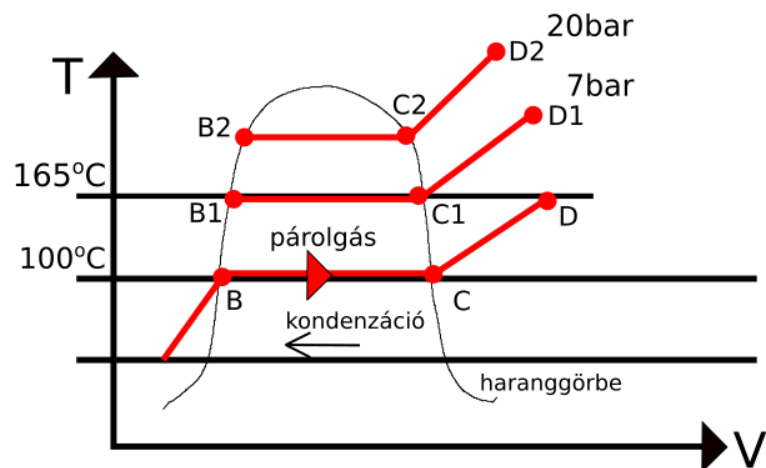
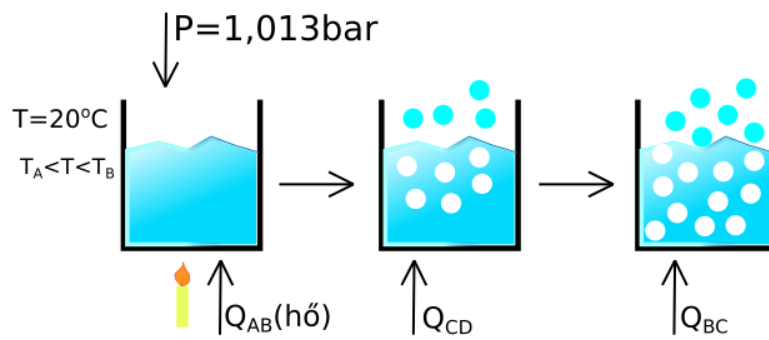
Gáznemű

Jellemző, hogy kitölti a teret, nem merev és nincs térfogata. A molekulák távol vannak egymástól. Hő hatására a molekulák felgyorsulnak.

Kettő fajta kölcsönhatás van:

Anyagokra (hűtés, fűtés) halmazállapot történik



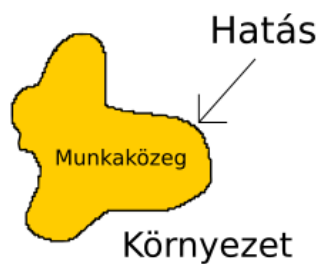


A latens (rejtett) hő az állapotra felhasznált

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

$P = 610 \text{ Pa}$

Termodinamikai rendszerek



Zárt termodinamikai rendszer és nyílt termodinamikai rendszert különböztetünk meg.

Ideális gáz egyenlet:

$$P \cdot V = m \cdot R \cdot T$$

P – nyomás [bar]

V – térfogat [m^3]

R – gázállandó [J/kg/K]

T – hőmérséklet

m – tömeg [kg]

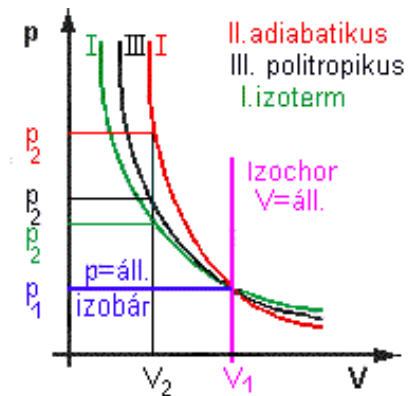
Wikipédia: „Az **adiabatikus állapotváltozás** vagy **adiabatikus folyamat** olyan állapotváltozás, amely során a termodinamikai rendszer és környezete között nem jön létre hőátadás. Ideális gázok esetében, amelyeknek nincs belső súrlódása, az adiabatikus állapotváltozás egyben izentrópikus állapotváltozás is, vagyis a folyamat során a rendszer entrópiája nem változik.”

Állapotjelzők:

Extenzív (V,m)

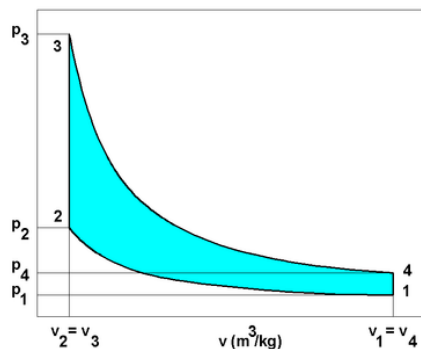
Intenzív (P,T)

Izochor, Izobár, Izoterm



s – entrópia(rendezetlenség)

Otto körfolyamatok

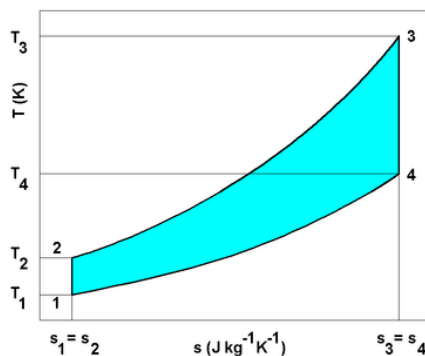


Az ideális Otto-ciklus p-v diagramja

Az ábrán látható az ideális Otto-ciklus a p-v diagramban, p a keverék [nyomása](#), v a [fajlagos térfogata](#). A körfolyamat négy állapotváltozásból áll:

- 1 - 2 izentropikus kompresszió
- 2 - 3 állandó térfogatú (izochor) állapotváltozás (égés)
- 3 - 4 izentropikus expanzió
- 4 - 1 állandó térfogatú (izochor) hőelvonás

Az 1-2-3-4-1 terület az egy ciklus alatt elméletileg kinyerhető mechanikai munkával egyenlő.



Az ideális Otto-ciklus T-s diagramja

A maximális termikus hatásfok csak a kompresszióviszonytól függ:

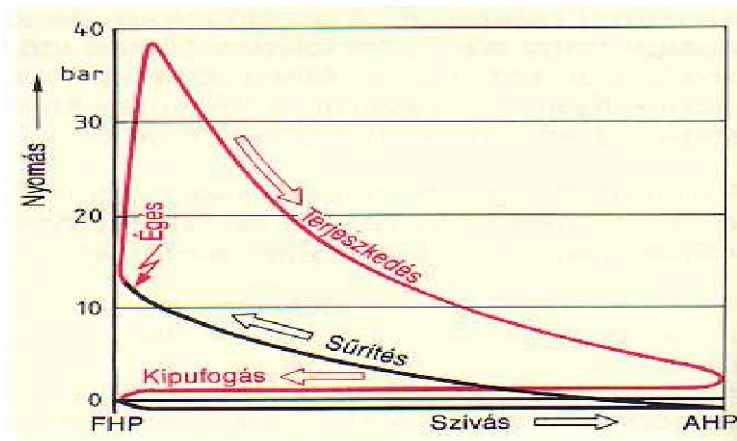
$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\epsilon^{\kappa-1}},$$

ahol

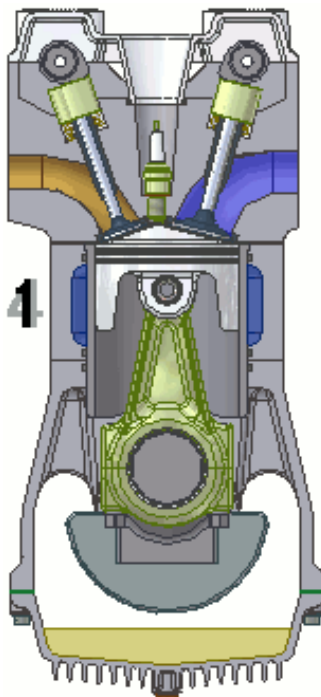
η_t a termikus hatásfok,
 $\epsilon = \frac{V_1}{V_2}$ a kompresszióviszony,

$\kappa = \frac{c_p}{c_v}$ a gáz fajlagos hőkapacitásainak viszonya.

Négyütemű Otto-motor indikátor diagramja:



8



A négyütemű Otto-motor működése

A négyütemű Otto-motor működése

A négyütemű motor egy teljes munkafolyamata a dugattyú négy lökete alatt megy végbe. Ezalatt a motor forgattyústengelye két teljes fordulatot végez. Az egyes ütemek a könnyen végigkövethetők.

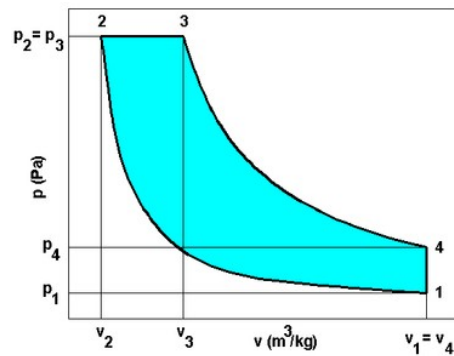
1. ütem: szívás. Az alsó holtpont felé mozgó dugattyú a porlasztóból a nyitott szívónyíláson keresztül benzin-levegő keveréket szív a hengerbe. A szívóütem alatt a hengerben a légköri nyomásnál 0,1-0,2 bar-ral kisebb nyomás uralkodik. A henger minél tökéletesebb feltöltése érdekében a szívószelep már röviddel a felső holtpont előtt nyit, és csak jóval az alsó holtpont után zár.

2. ütem: sűrítés (kompresszió). A dugattyú a felső holtpont felé halad, és a zárt hengertérben a keveréket összesűríti. Minél kisebb térfogatra sűrítjük a keveréket, annál nagyobb lesz az égéskor keletkező gáznyomás, annál jobb a motor hatásfoka. A sűrítés növelésének a keverék öngyulladása szab határt. A sűrítési viszony általában 6-10:1, ami azt jelenti, hogy a dugattyú a keveréket a henger eredeti térfogatának 1/6-od - 1/10-ed részére nyomja össze.

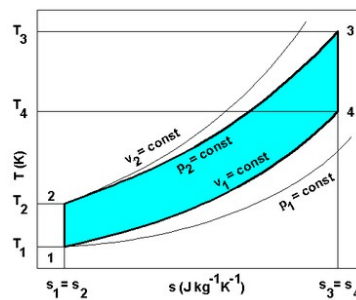
3. ütem: terjeszkedés (munkaütem). A sűrítési ütem végén, a felső holtpont előtt nagyfeszültségű villamos szikra meggyújtja a keveréket, amely igen gyorsan elég, miközben a tüzelőanyag kémiai energiája hőenergiává alakul át. A nagy nyomás a dugattyút a felső holtpontból az alsó holtpont felé löki. A négy ütem közül csak a terjeszkedéskor van hasznos munka, a többi három ütem munkát emésztő. (A forgattyústengely viszonylag egyenletes forgását a lendítőkerék teszi lehetővé.)

4. ütem: kipufogás. A dugattyú alsó holtpontja előtt nyit a kipufogószelep, a túlnyomás hatására megindul az égéstermékek kiáramlása a hengerből. A felső holtpont felé haladó dugattyú a hengerben visszamaradt égéstermékeket kinyomja a szabadba. A kipufogószelep csak a dugattyú felső holtponthelyezete után zár, hogy az égéstermékek maradéktalanul eltávozzanak.

Ideális Diesel-ciklus



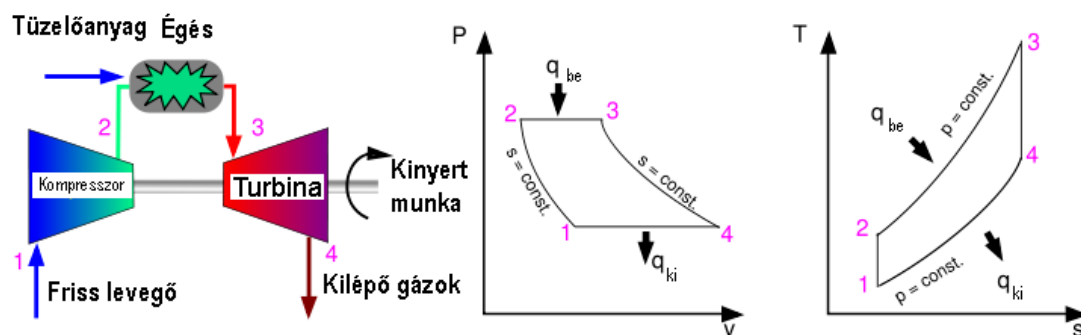
Az ideális Diesel-ciklus p-v diagramja



Az ideális Diesel-ciklus T-s diagramja

Balos körfolyamat – nyitott körfolyamat BÉM gázturbina.

Brayton-Joule-ciklus



Áramlástan

Folyadékok (víz, olaj)

A részecskék folyását áramlásnak hívjuk.

Felosztása az áramlástannak:

- Nyugvó folyadékok – Hidrosztatika
- Áramló folyamatok – Hidrodinamika

Hidrosztatika(nyugvó folyadékok)

Ideális környezet ez azt jelenti, hogy az adott folyadék teljesen kitölti a teret.

- Ideális környezet:
- Homogén
 - Belső súrlódás
 - Összenyomhatatlan

Állapotjelzők:

Pa – nyomás

ρ – sűrűség

m – tömeg

- felületi feszültség
- folyadék viszkozitás

Viszkozitási anyag pl. a méz. Ha sűrű akkor a viszkozitása nagy. (A nagy hőmérséklet után az olaj nem lesz sűrű)

Dorottya:

Halmazállapot változás

- szilárd
- cseppfolyós
- gáz

Szilárd jellemzői:

- alakja
- merevek
- állandó térfogatuk

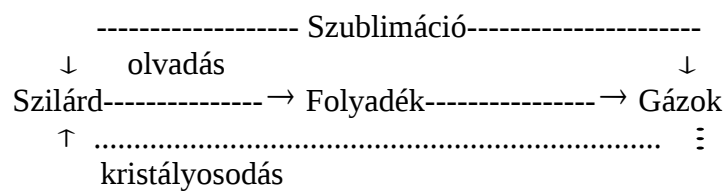
Cseppfolyós jellemzői:

- nem merev
- felveszi az edény alakját
- molekulák közti közeleziós erő szakad

Gázok:

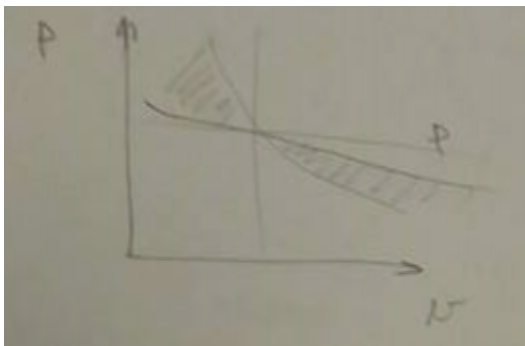
- nem merev
- nincs állandó alakja se térfogata

Anyagokra(fűtés) → halmazállapot változás történik



Politripikus állapotváltozás:

$$P \cdot v_n = \text{constans}$$



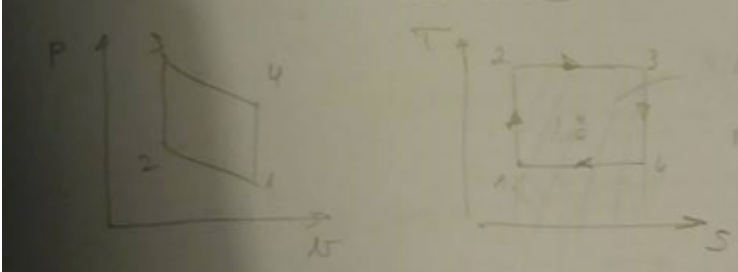
$$1 < n < \infty$$

Körfolyamatok:

Állapotváltozások folyamatok:

$P_1, v_1, T_1 \rightarrow P_2, v_2, T_2 \rightarrow P_3, v_3, T_3$

Carnot- körfolyamat (ideális)



$$Z = \frac{T_2 - T_1}{T_1}$$

1-2 adiobatikuss áll.v.

2-3 izoterm áll.v.

3-4 adiobatikuss á.v.

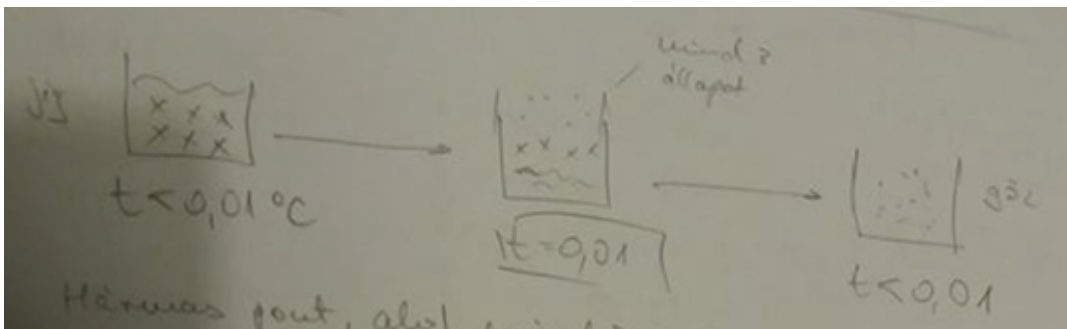
4-1 izoterm áll.v.

$$Z = \frac{Q_{be} - Q_{ki}}{Q_{be}} = \frac{W}{Q_{be}}$$

Latens (rejtett) hő az állapotváltozásra

⁵
1bar=10⁵ Pa

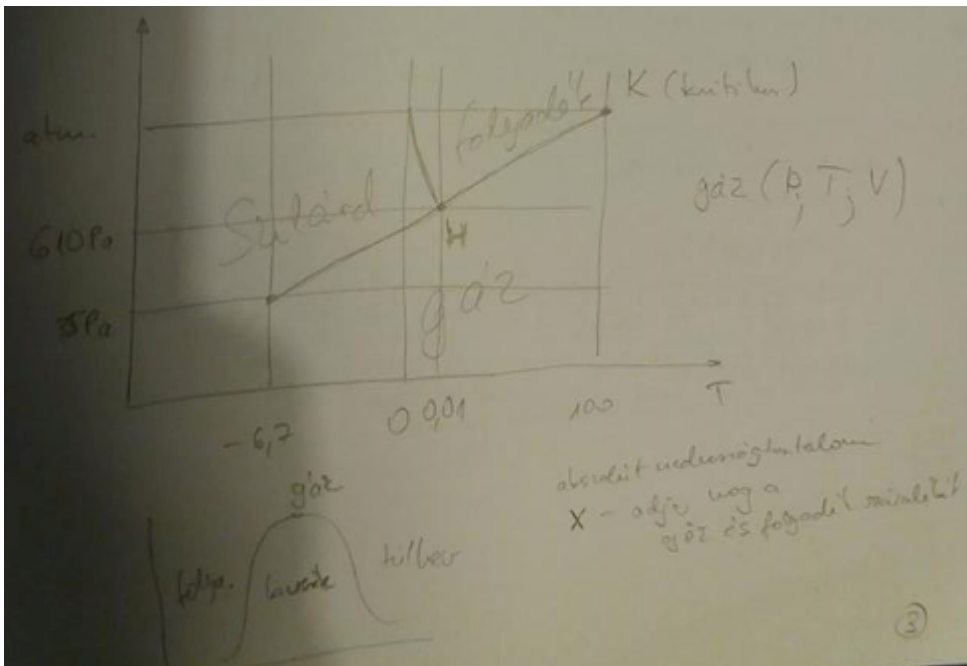
P=610 Pa



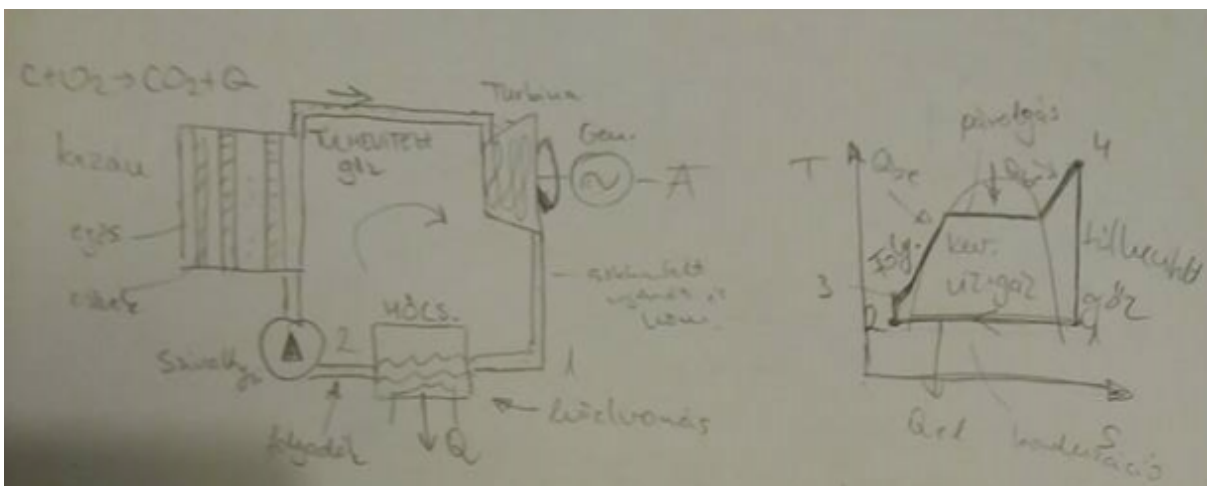
Hármas pont, ahol mind a három halmazállapot jelen van.

Ha P=31 Pa

$T < -6,5$ $t = -6,5$ $t < -6,5$
vég 3pont gőz



Gőzturbina:

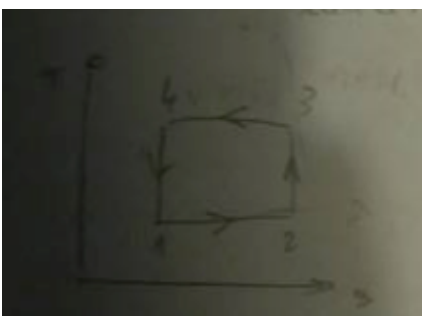


Baloz $Q \rightarrow W$
Jobbos $W \rightarrow Q$

$$L = Q_{be} - Q_{el}$$

$$Z = \frac{Q_{be} - Q_{el}}{Q_{el}}$$

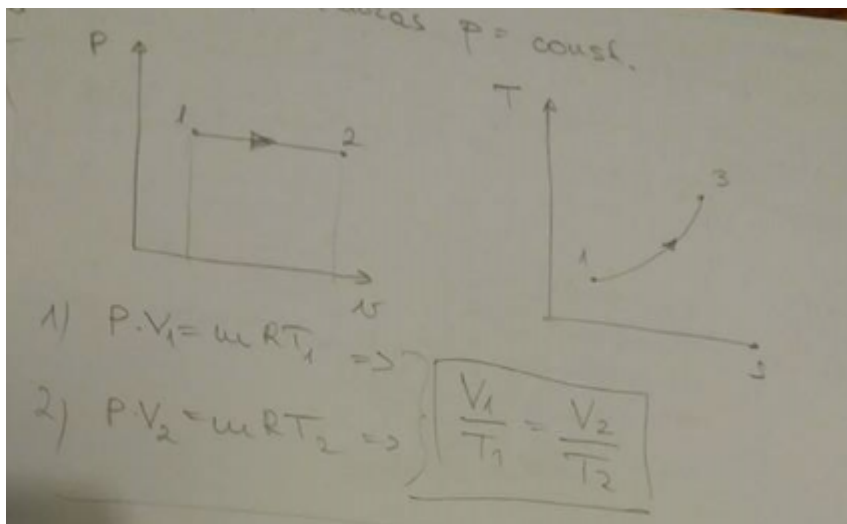
Jobbos körfolyamat: Carnot körfolyamat (fordított)



- 1-2 izoterm hőkezelés
- 2-3 adiabatikus sűrítés
- 3-4 izoterm hőelvezetés
- 4- adiabatikus expanzió

Izobár állapotváltozás:

$p = \text{constans}$

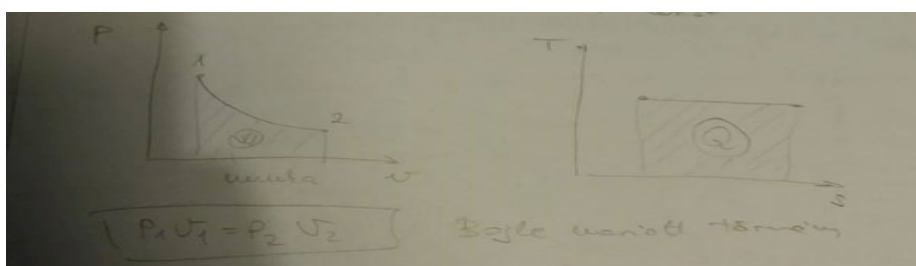


$$1. P \cdot V_1 = \mu R T_1 \rightarrow$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$2. P \cdot V_2 = \mu R T_2 \rightarrow$$

Izoterm állapotváltozás: $T = \text{constans}$



$P_1 V_1 = P_2 V_2$ Boyle mariott törvény

Adiabatikus állapotváltozás (izeutrópikus):

$$Q \Delta = 0$$

$$\frac{P_1}{T_1^{\frac{x}{x-1}}} = \frac{P_2}{T_2^{\frac{x}{x-1}}}$$

$$X = K = \frac{C_p}{C_v}$$

C_p – állandó nyomás

Cv – állandó tér

Termodinamika feltételei:

0. termikus egyensúly

1. $A \leftrightarrow B$ $B \leftrightarrow C$ hőmérséklet mérés bizonyítja

2.

3. $A \leftrightarrow C$

A – etalon

B- hőmérő

C- ember

I. feltétel (energiamegmaradás-nem vész el)

$$Q = \Delta U + W$$

Q- hő

ΔU - belső energia változás

W- munka

$$\Delta U = m \cdot c_p (T_2 - T_1)$$

I. feltétel nyitott rendszer

anyagcsere van

$$Q = \Delta U + W$$

$$W = p \cdot \Delta V$$

Mechanikai energia:

- mozgás
- helyzeti
- nyomás

$$Q = u + p \cdot v + \frac{m \cdot v^2}{2} + m \cdot g \cdot h$$

$H = u + p \cdot V$ entalpia az adott közeg mennyi energiával rendelkezik

$$H = Q + W$$

$$\Delta U + pV = q + W$$

II. feltétel (folyamat irányát adja meg)

$$Q = T \cdot ds \quad \text{ds-eutrópia változása}$$

$$T = -273.5 \text{ C}$$

Nem mozognak a részecskék.

Balos körfolyamat

Jobbos körfolyamat (Carnot körfolyamat)

- 1-2 izoterm hőkezelés
- 2-3 adiabatikus sűrités
- 3-4 izoterm hőelvez
- 4- adiabatikus expanzió

$$\frac{\Delta P}{\rho \cdot g} = H \quad \text{szállítómagasság [Pa]}$$

Áramlástan:

- gyakorlatban legtöbbet használ (viz, olaj)
- folyadék részecskék mozgása \rightarrow áramlás
- felosztása az áramlástanak:
- nyugvó folyadékok (Hidrostatika)
- áramló folyadékok (Hidrodinamika)

Hidrostatika:

Ideális környezet az adott folyadék teljesen kitölti a teret, homogén belső súrlódás nincs a közgben összenyomhatatlan molekulák között nyomófeszültség lép fel.

Állapotjelzők:

p, ρ , m, V, τ felületi feszültség

z- viszkozitás

Nyomás egységnyi felületre ható erő:

$$P = \frac{F}{A} \text{ [bar], [Pa]}$$

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

Nyomáskereső/vesztésre modell:

$$\Delta P_e = \sum \lambda * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2} * \rho \quad \text{egyenes cső esetén}$$

$$\Delta P_f = f_{lok} \frac{v^2}{2} * \rho \quad \text{lokális ellenállás tényező}$$

$$\Delta p_{cső} = (\lambda * \frac{L}{D} + f_{lok}) \frac{v^2}{2} * \rho \quad \text{a két felső képlet összevonva}$$

A λ függ:

- áramlás jellegétől
- csőfal érdességtől

Áramlás jellege:

- lamináris áramlás (réteges)
- turbulens áramlás (gomolygó)

Reinolds szám:

$$Re = \frac{v * D}{\nu}$$

V-kinematikai viszkozitás

$Re < 2320$ (lamináris)

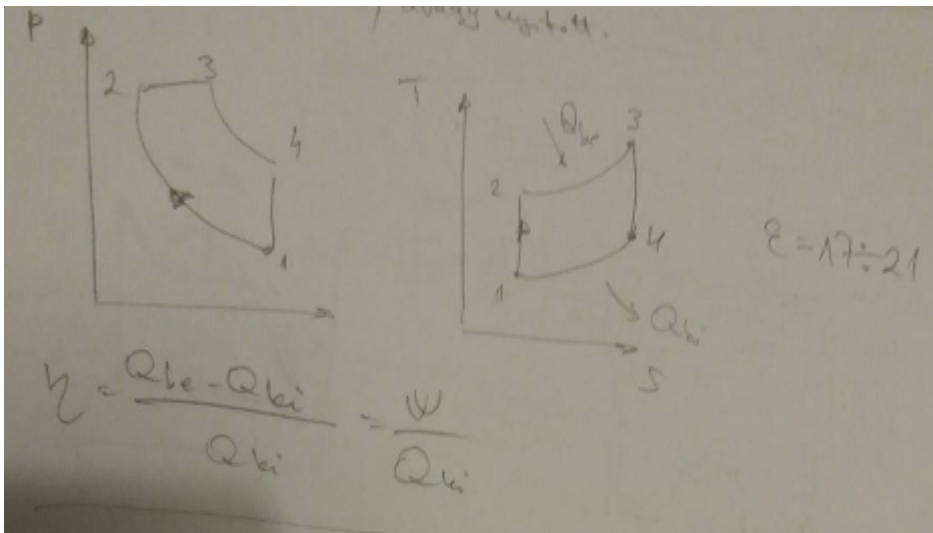
közötte átmeneti

$Re > 3000$ (turbulens)

$$\lambda = 0,316 \frac{1}{Re^{0,25}} \quad \text{turbulens}$$

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad \text{lamináris}$$

Dízel körfolyamat zárt vagy nyitott

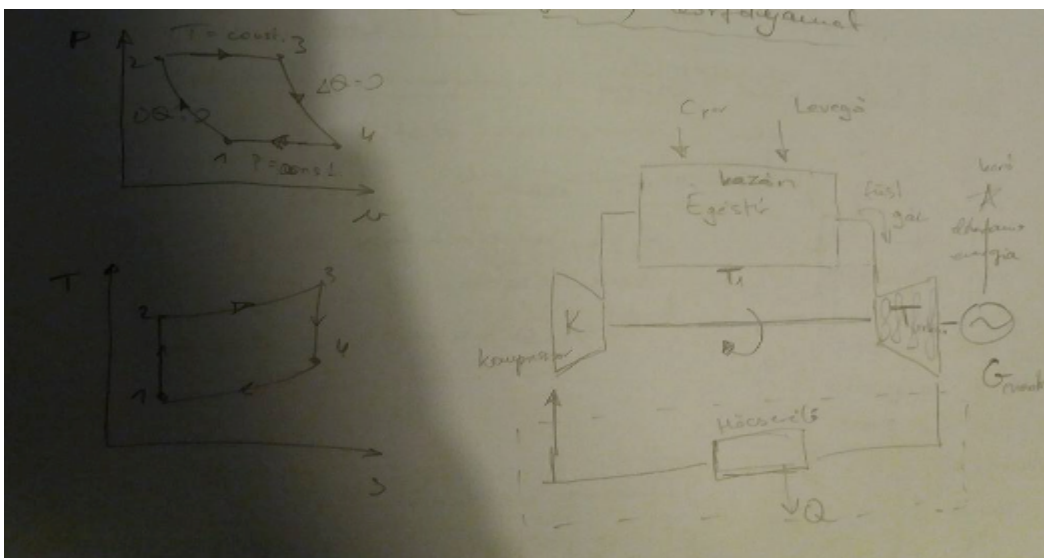


E=17:21

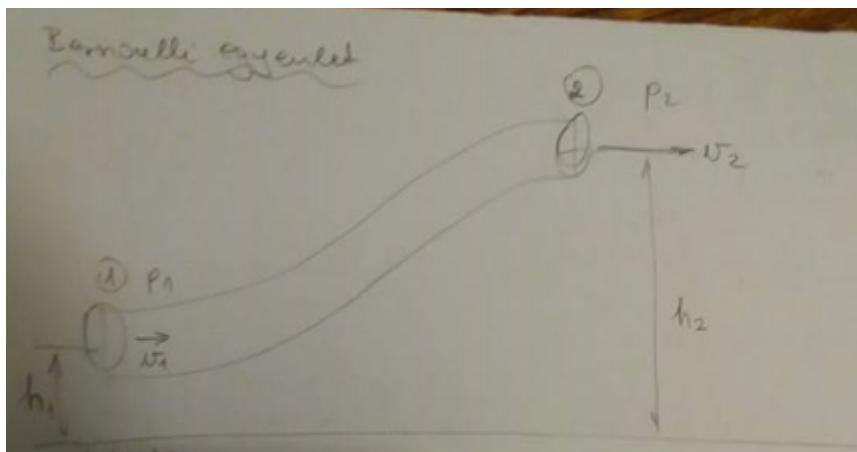
$$Z = \frac{Q_{be} - Q_{ki}}{Q_{be}} = \frac{W}{Q_{be}}$$

Balos nyitott (BÉM, GÁZTURBINÁK)

Gázturbina Joule Brayton körfolyamat



Bournulli egyenlet:



$$+E_h = m \cdot g \cdot h$$

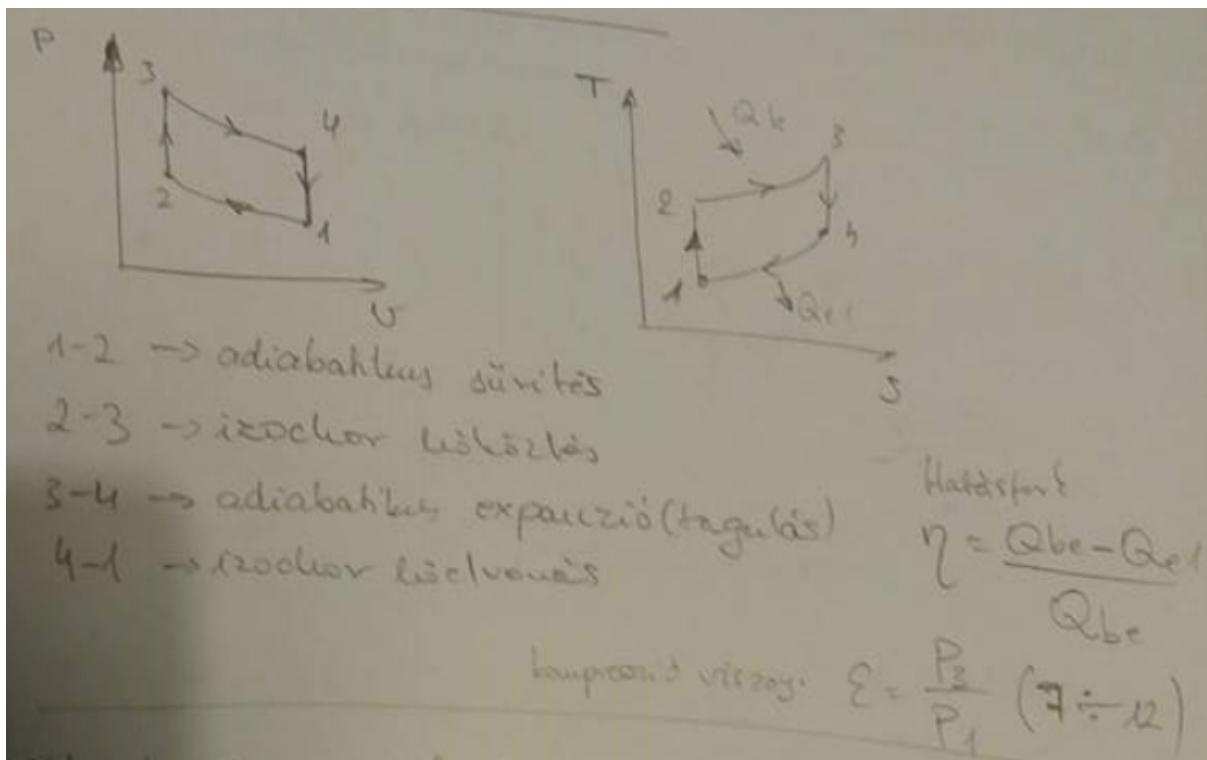
$$-E_m = \frac{1}{2} m v^2$$

$$-E_p = p \cdot v$$

$$E_h + E_m + E_p = \text{állandó}$$

$$m \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} m \cdot v_1 + p_1 \cdot \frac{m}{\rho} = m \cdot g \cdot h_2 + \frac{1}{2} m \cdot v_2 + p_2 \cdot \frac{m}{\rho} \quad \text{ideális közeg Bernoulli}$$

Otto körfolyamat (ideális)



- 1-2 adiabatikus sűrítés
- 2-3 izochor hőközlés
- 3-4 adiabatikus expanzió tágulás
- 4-1 izochor hőelvonás

Hatásfok:

$$\eta = \frac{Q_{be} - Q_{el}}{Q_{be}}$$

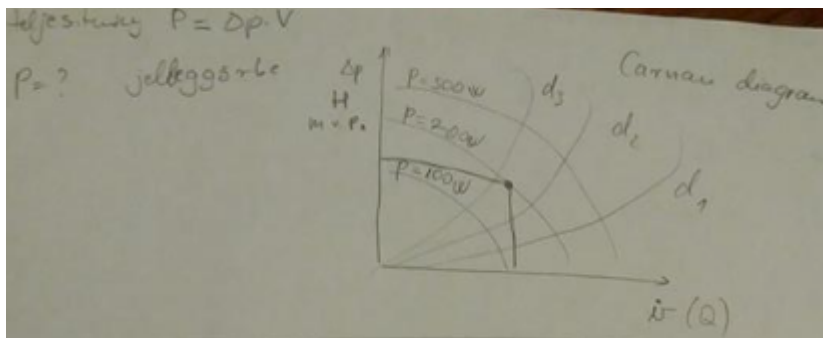
Kompozíció viszony:

$$E = \frac{P_3}{P_1} (7 : 12)$$

Teljesítmény:

$$P = \Delta p \cdot V$$

$$P = ?$$



Teljesítmény:

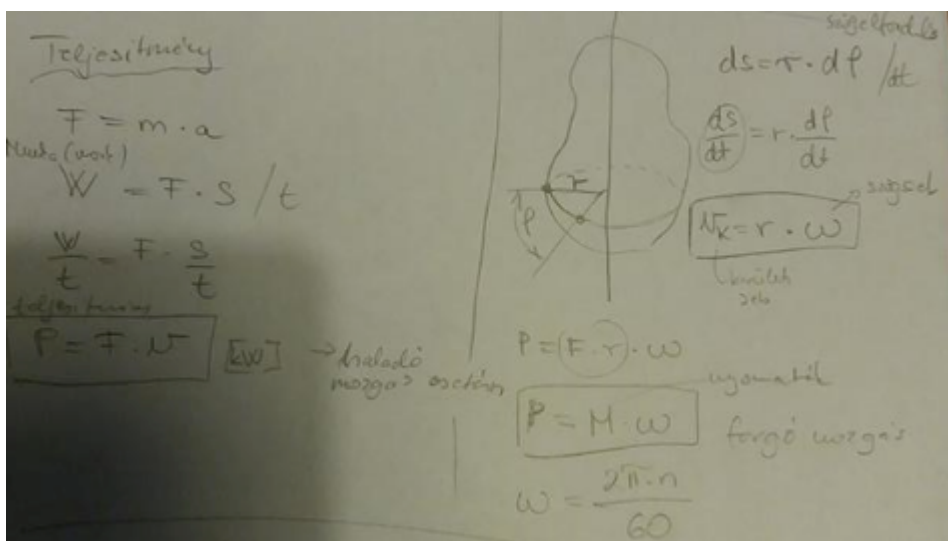
$$F = m \cdot a$$

$$W = F \cdot S / t$$

$$\frac{W}{t} = F \cdot \frac{s}{t}$$

$$P = F \cdot v$$

[kw]- haladó mozgás esetén



$$ds = r \cdot dl / dt$$

$$\frac{ds}{dt} = r \cdot \frac{dl}{dt}$$

$$v_k = r \cdot \omega$$

$$P = F \cdot r \cdot \omega$$

$$P = M \cdot \omega \text{ forgó mozgás}$$

$$\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60}$$

Állapotjelzők (paraméterek)

- extenzív (V,m)
- intenzív (P,T)

V,P,T – tudjuk mérni

Ezzel definiálnak egy gőzt

Ideális gáz:

$$P \cdot V = mRT$$

ρ - nyomás [bar]

V- térfogat [m³]

R- gázállandó [J/kgK]

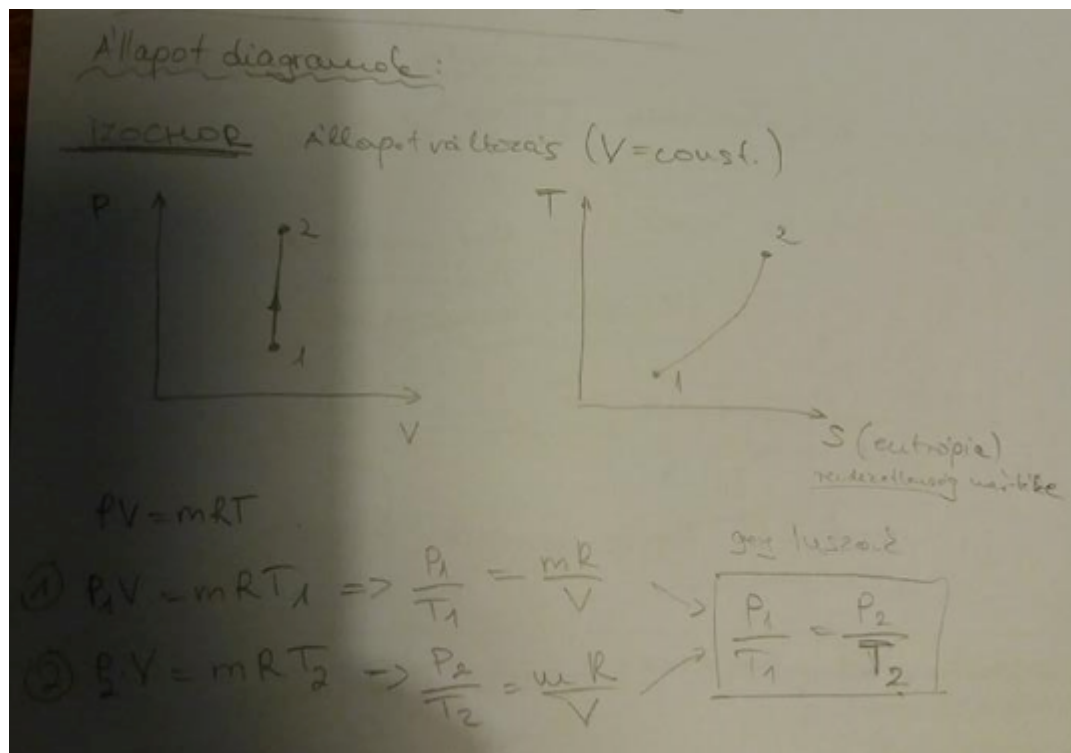
T- hőmérséklet [° C]

m- tömeg [kg]

Állapot diagramok:

Izochor

Állapotváltozás (V=const)



$$PV = mRT$$

$$1. \quad P_1 V = mRT_1 \Rightarrow \frac{P_1}{T_1} = \frac{mR}{V}$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

$$2. \quad P_2 V = m R T_2 \rightarrow \frac{P_2}{T_2} = \frac{m R}{V}$$