

Hűtő körfolyamatok

Dr. Zana János

Előzmények

- Jégkészítési kísérletek
William Cullen XVIII. század
- Hőerőgépek a gyakorlatban
James Watt XVIII. század
- Hőerőgépek kezdeti elmélete
John Dalton, Lord Kelvin XIX. század

Előzmények

- igény a teljesítőképeség javítására
- a gépszerkezeti alapok
henger, dugattyú, vezérmű

Előzmények

- Nicole Léonard Sadi Carnot
nincs jobb hatásfokú hőerőgép, mint amely

1. Izotermikus hőelvonás
2. adiabatikus kompresszió
3. izotermikus hőbevezetés
4. adiabatikus expanzió

- Hatásfoka

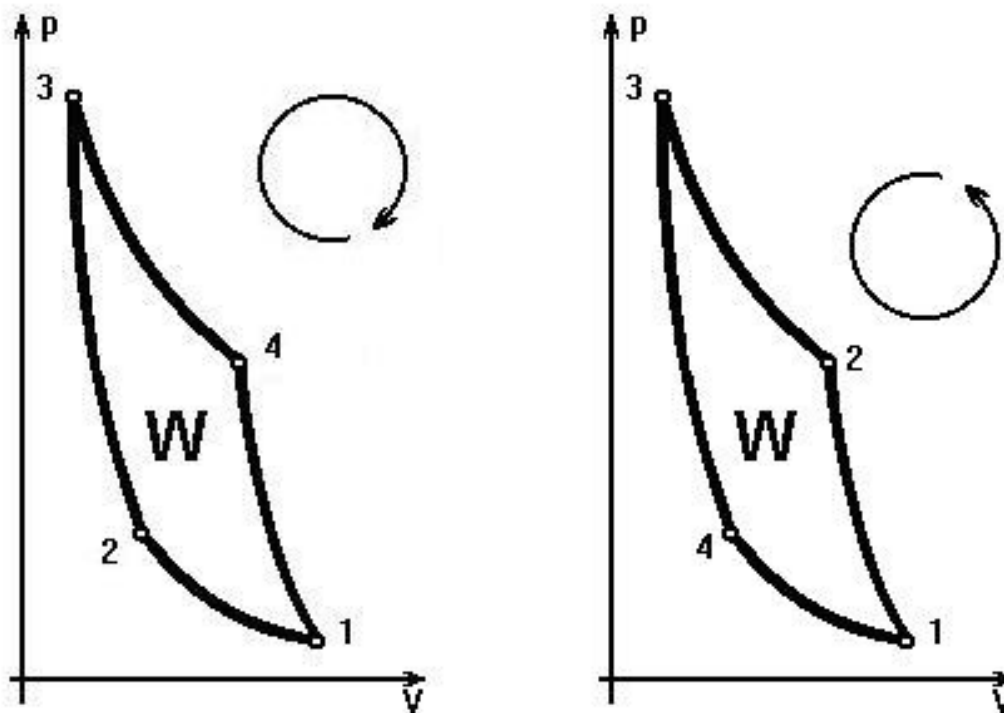
Kezdetek

Carl Paul Gottfried von Linde

- ✓ Ha a Carnot körfolyamat a lehető legjobb hatásfokú, akkor a megfordítása is a lehető legjobb eredményű
- ✓ Ha a Carnot (Joule, Rankine) körfolyamat hőt szállít magas hőmérsékletű helyről alacsony hőmérsékletű helyre, és ennek árán munkát végez, akkor a *megfordítása*
 - hőt szállít alacsony hőmérsékletű helyről magas hőmérsékletű helyre, és ehhez
 - mechanikai munkát használ fel

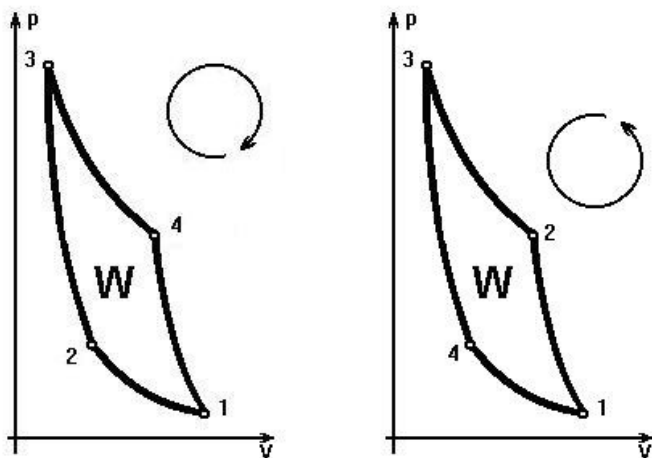
Kezdetek

Carl Paul Gottfried von Linde



Kezdetek

Carl Paul Gottfried von Linde



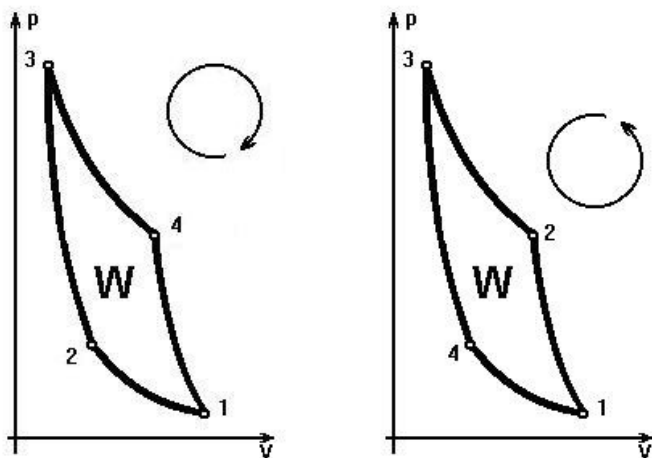
pV diagramon a görbe alatti területek összege a körintegrál
ha ellentétes a körüljárási irány,
akkor a munkavégzés is
ellentétes előjelű

$$W = \oint p \cdot dV$$

A körintegrál négy állapotváltozás görbéje alatti terület összege. A valóságos hűtőgépnél csak az 1–2 adiabatikus kompresszió munkája tartja fenn a folyamatot

Kezdetek

Carl Paul Gottfried von Linde



A körintegrál négy állapotváltozás görbéje alatti terület összege. A valóságos hűtőgépnél csak az 1–2 adiabatikus kompresszió munkája tartja fenn a folyamatot

$$\frac{1}{\kappa-1}(p_1V_1 - p_2V_2)$$

Az egyenletek *ideális gázra* vonatkoznak. Például a 2–3 izotermikus kompressziónál a hőközlés és a munkavégzés egyenlő

$$W_{23} = Q_{23} = RT \cdot \ln \frac{V_3}{V_2}$$

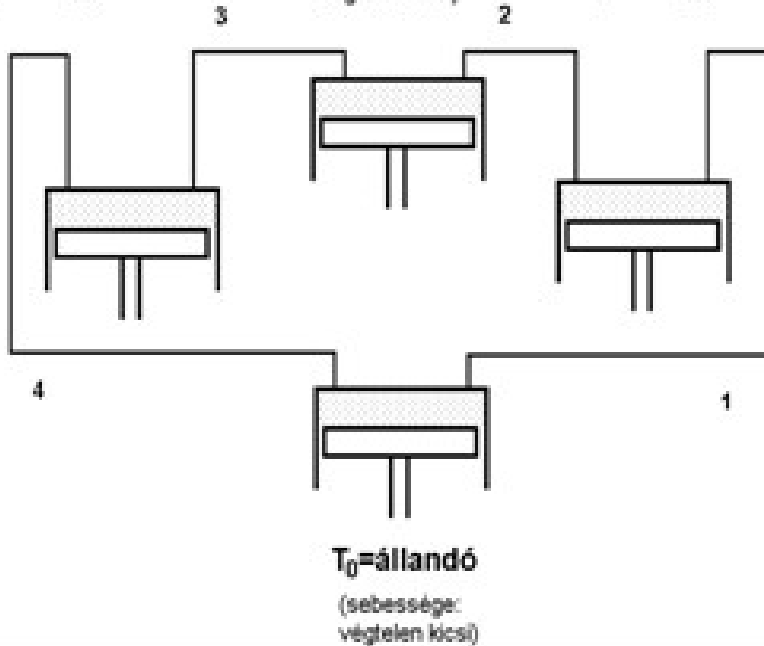
Megvalósítása

Carl Paul Gottfried von Linde

Expanziós gép
(sebessége:
végtelen nagy)

T=állandó
(sebessége:
végtelen kicsi)

Kompresszor
(sebessége:
végtelen nagy)



Ez az

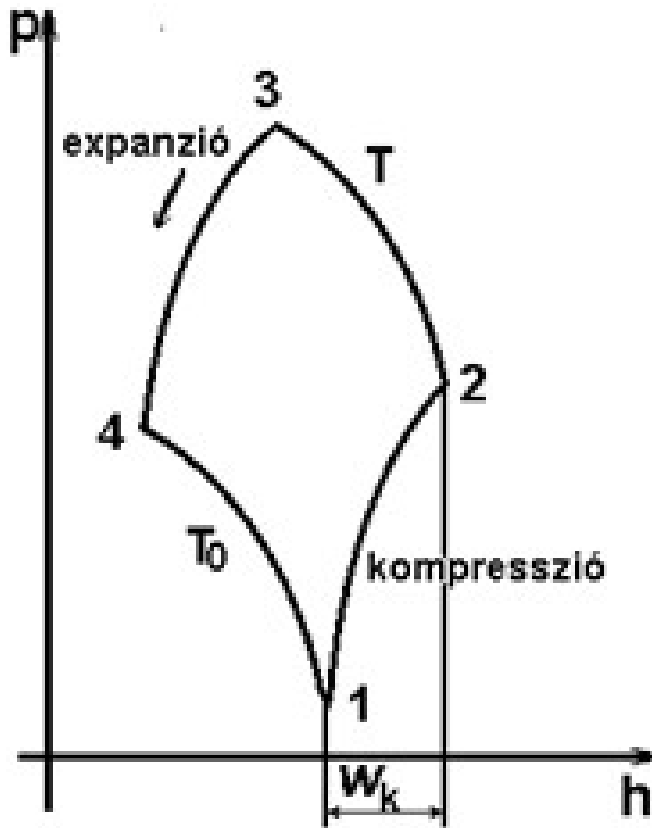
- ideális folyamat
- ideális gázzal

csak képzeletben valósítható meg.

A 2–3 izotermikus kompresszió például csak végtelen lassan mozgó dugattyús géppel volna realizálható. Ilyen nincsen, és felesleges is, hiszen nulla lenne a teljesítőképessége

Megvalósítása

Carl Paul Gottfried von Linde



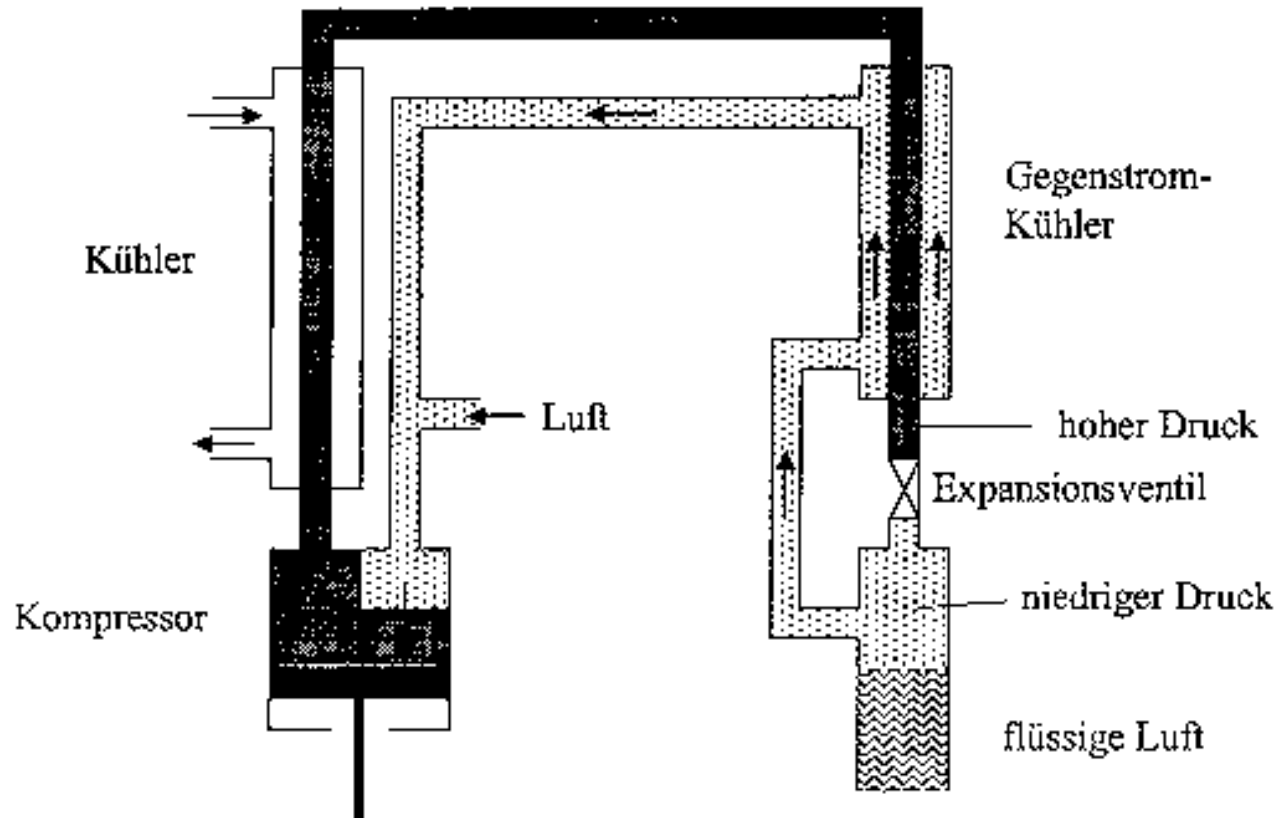
Új termodinamikai diagram. A kompresszor munkája az entalpia változásából leolvasható. Tömegegységnyi közegre a fajlagos entalpiát számítjuk

$$dh = \delta q + v \cdot dp$$

Hőközlés nincs. Ezért az entalpia változása egyenlő a technikai munka értékével

Megvalósítása

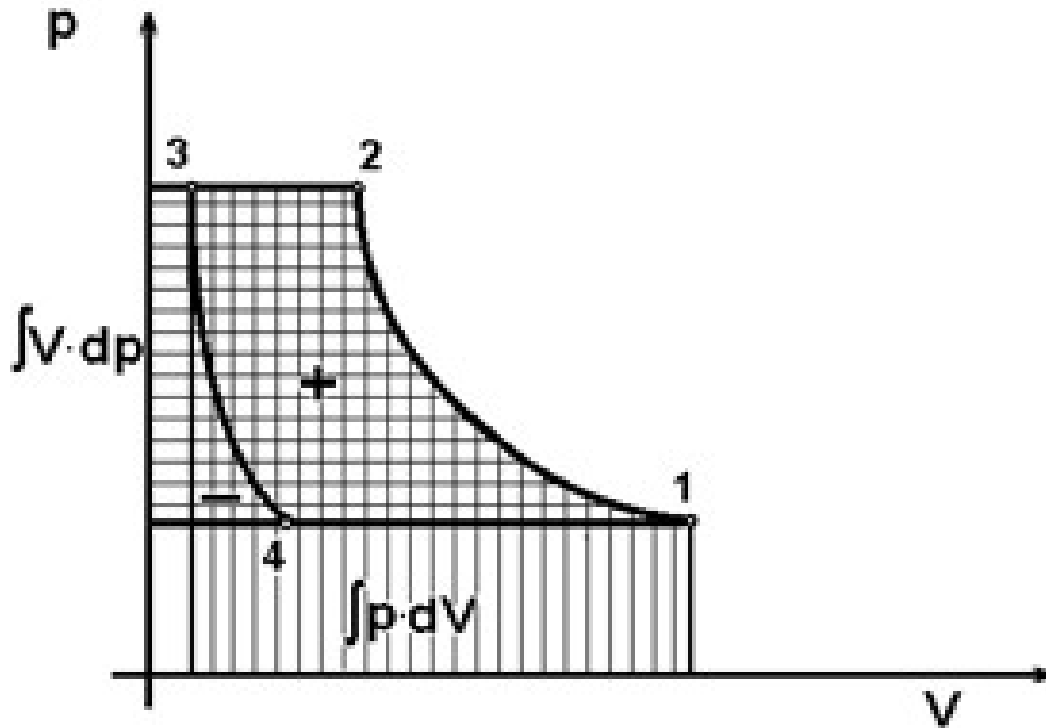
Carl Paul Gottfried von Linde



A levegő cseppfolyósítása

A kompresszió

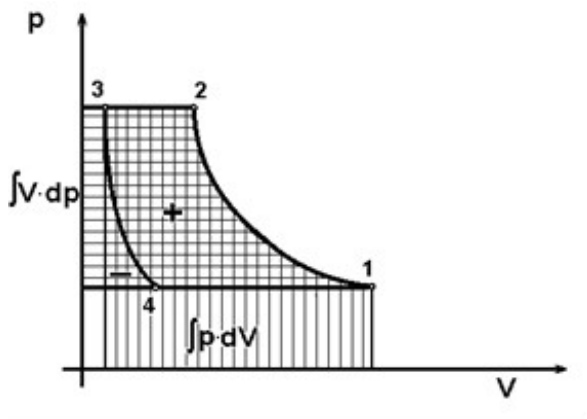
Kompresszor indikátor diagramja



$$W^{W_t} = \int_{p_1}^{p_2} \int_{V_1}^{V_2} p \cdot dV$$

A kompresszió

Kompresszor indikátor diagramja



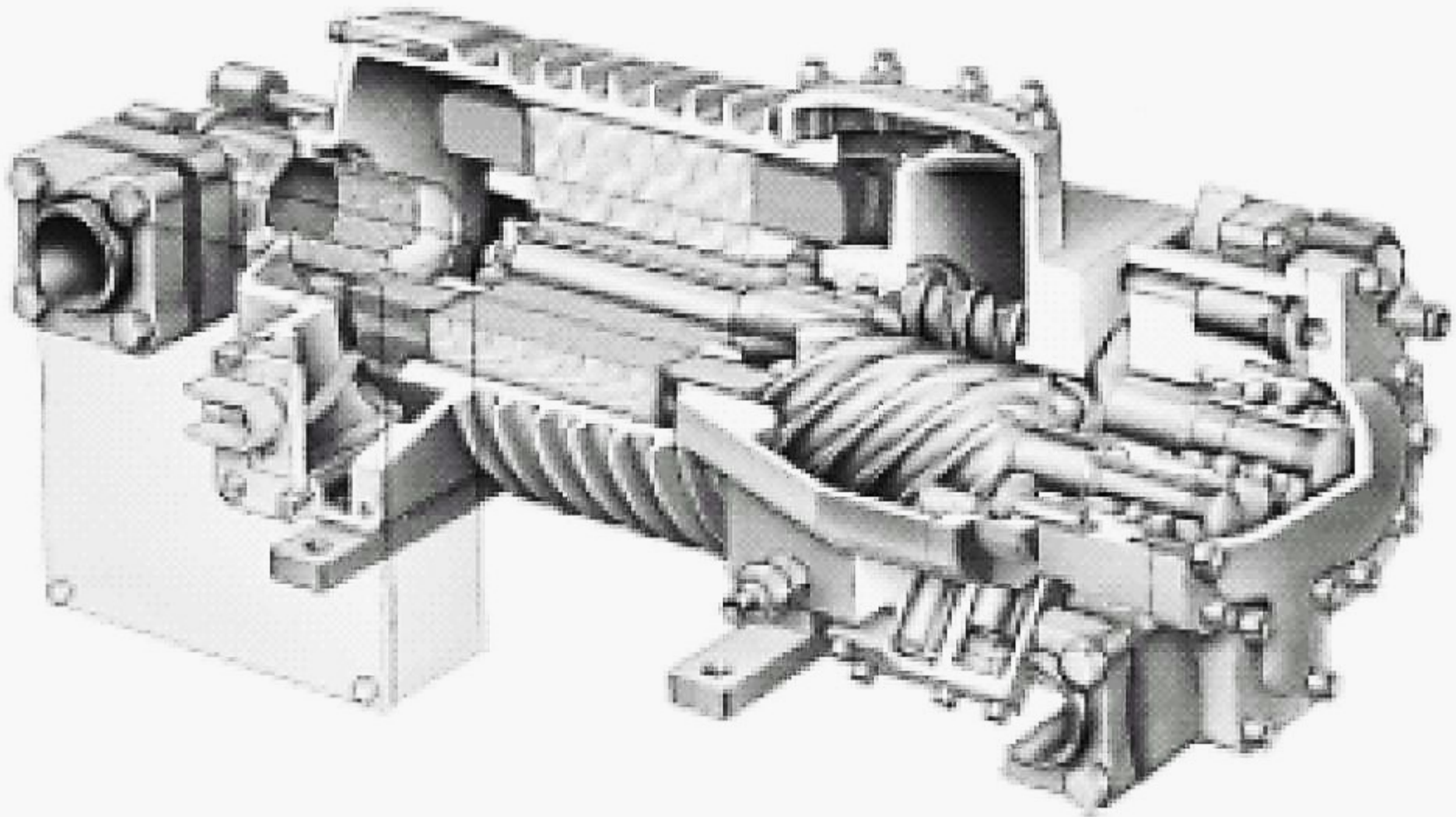
A valóságos kompresszor munkafolyamatának részei:

1. A közeg beszívása az 1 jelű pontig
2. A közeg adiabatikus sűrítése, 1–2
3. A közeg kitolása a henger belső teréből, 2–3
A henger belső terét nem lehet nullára csökkenteni;
 V_3 neve: a káros tér
4. A káros térben maradt közeg adiabatikus expanziója, 3–4

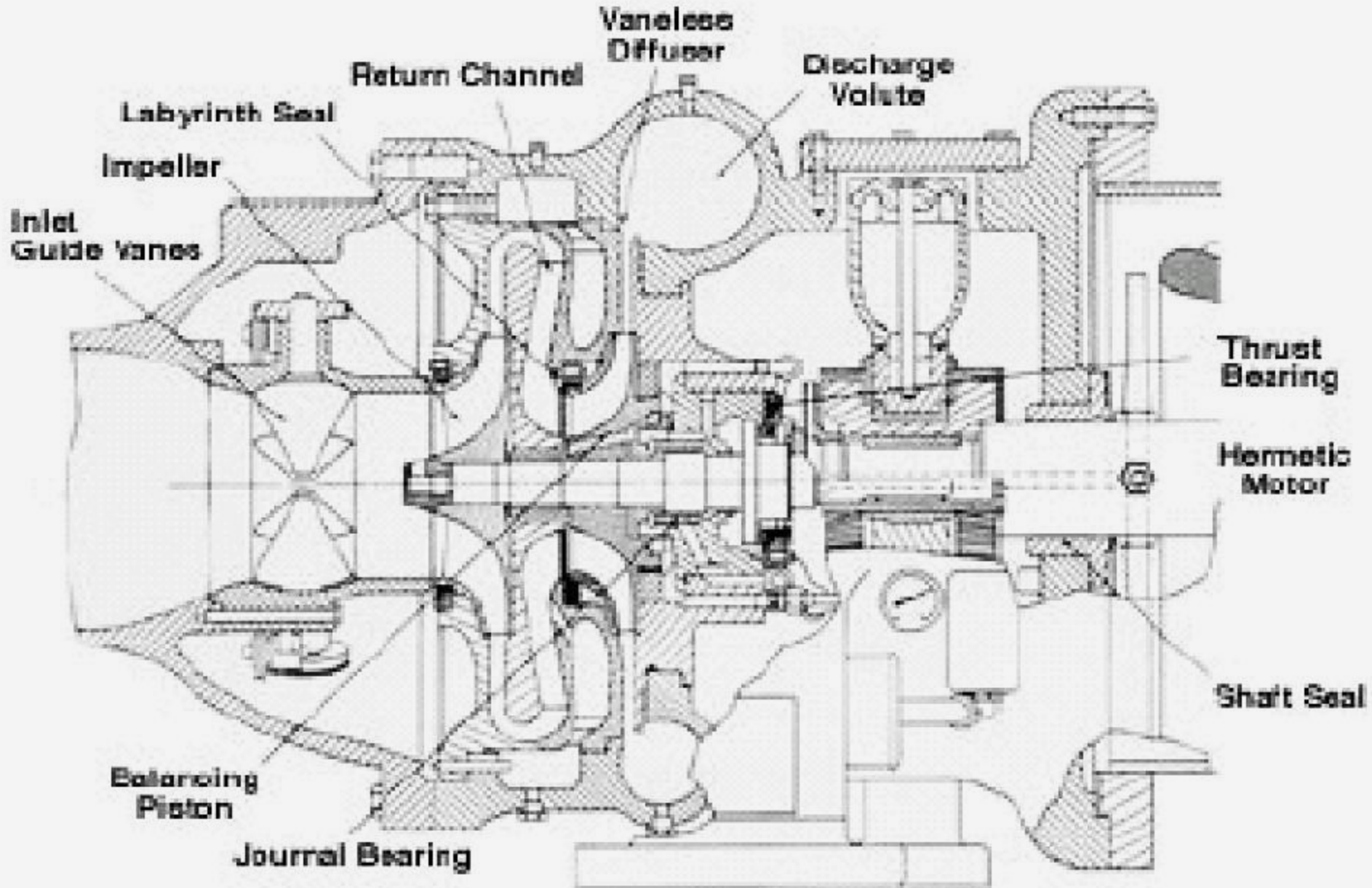
E négy munkavégzés összege elméletileg azonos a technikai munka értékével. V_3 elméletileg nulla nagyságú

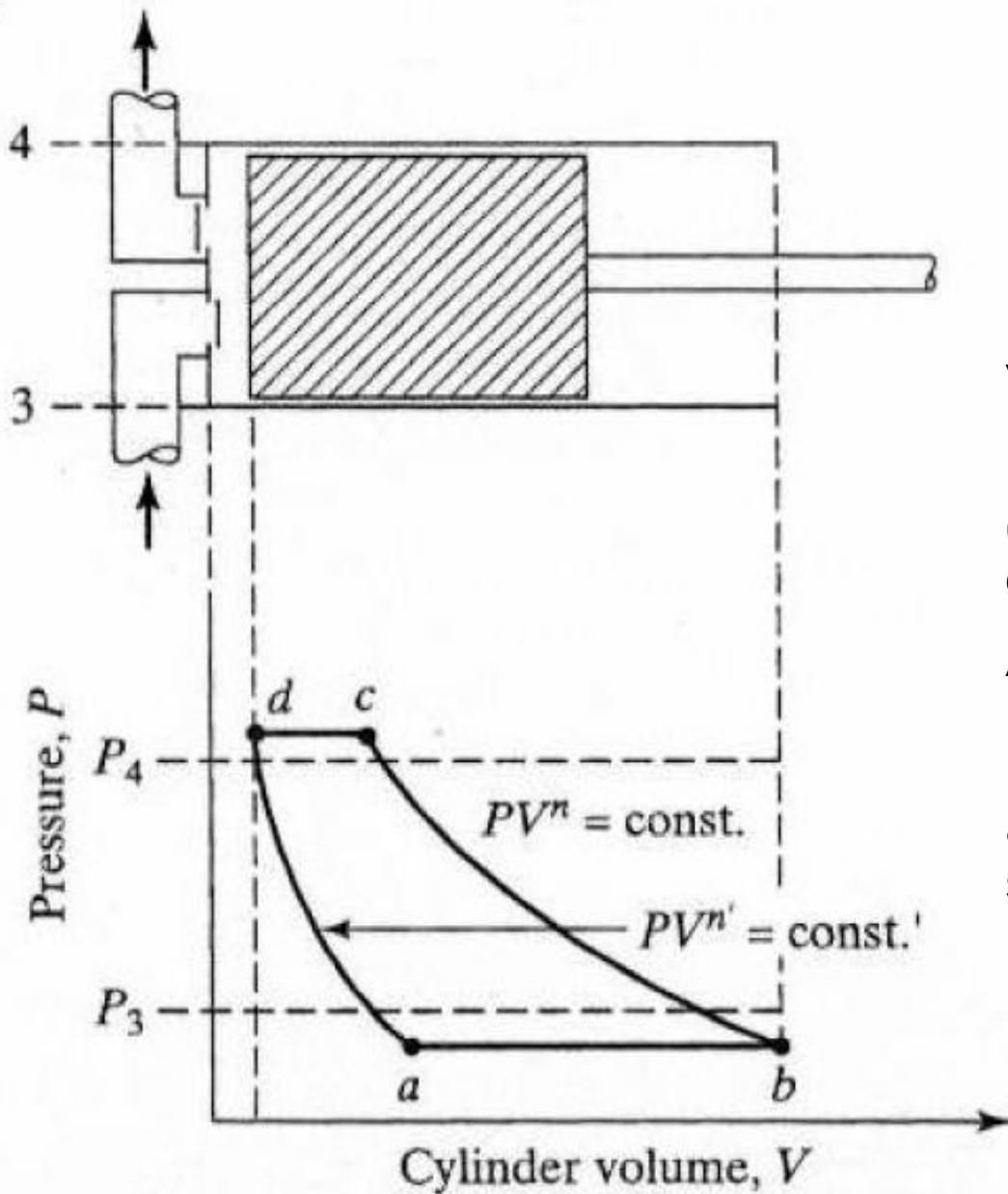
A zárt térben levő közeg tömege állandó, ezért a V térfogatból és a v fajlagos térfogatból készített ábrák egyformák (hasonlóság)

csavarkompresszor



centrifugál kompresszor





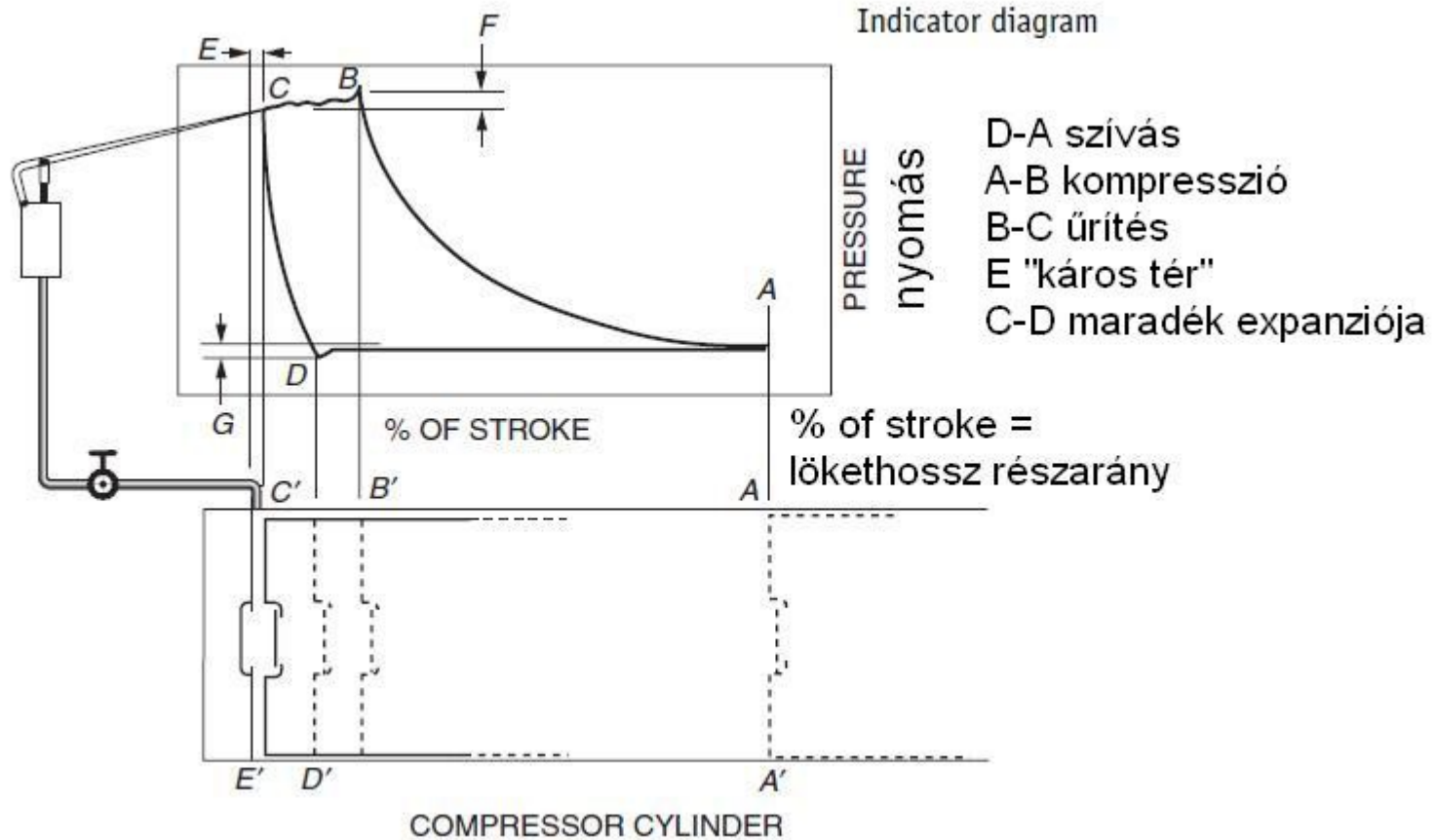
Váltakozóáramú
kompresszor

(*reciprocating
compressor*)

Az adiabatikus
helyén ezúttal
politropikus
állapotváltozás
szerepel

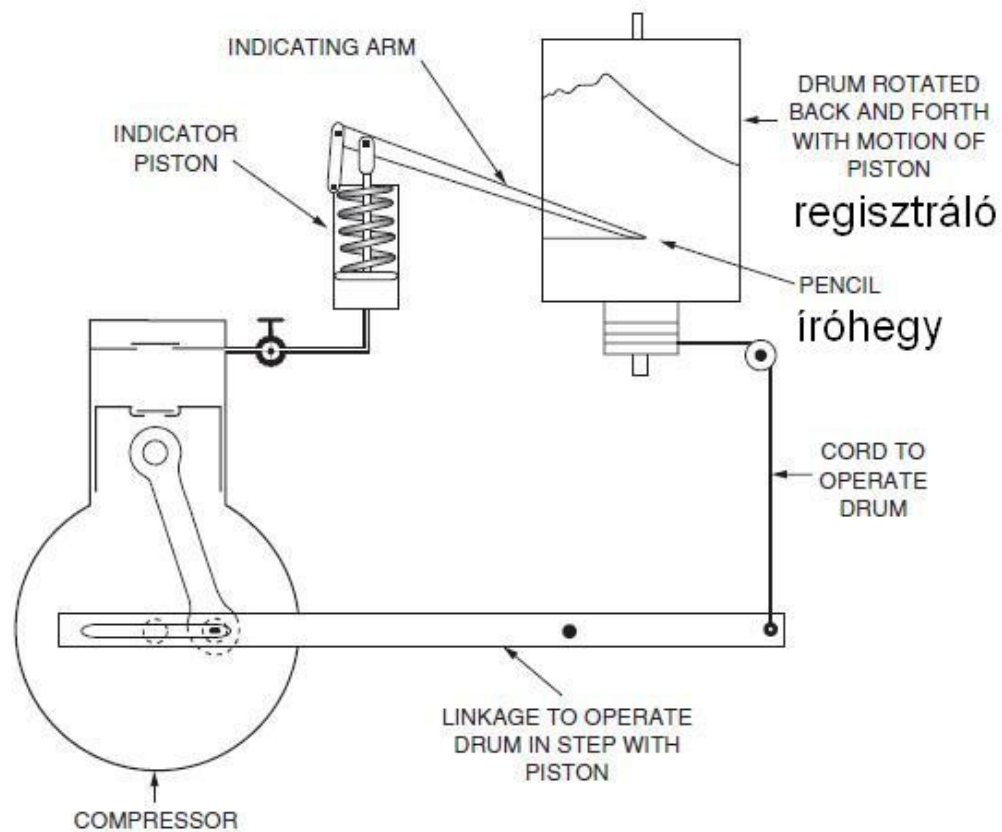
A kompresszió

Kompresszor indikátor diagramja



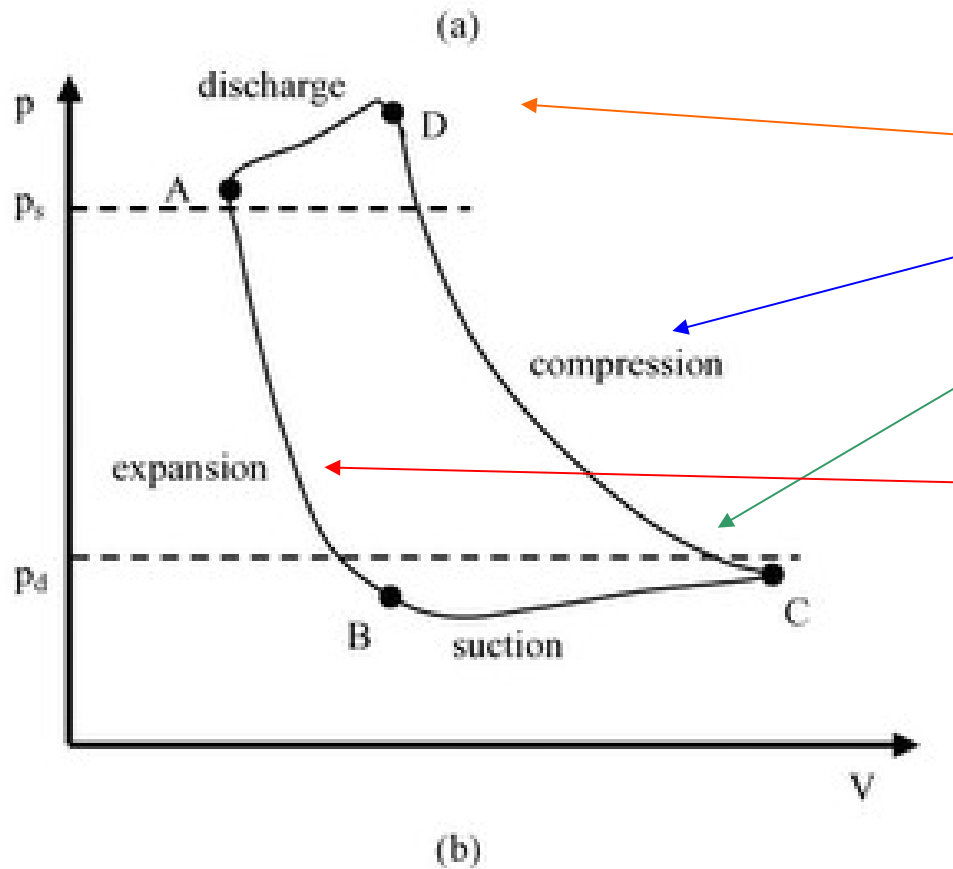
Megvalósítása

Kompresszor indikátor diagramja



Megvalósítása

Kompresszor indikátor diagramja



A–D űrítés

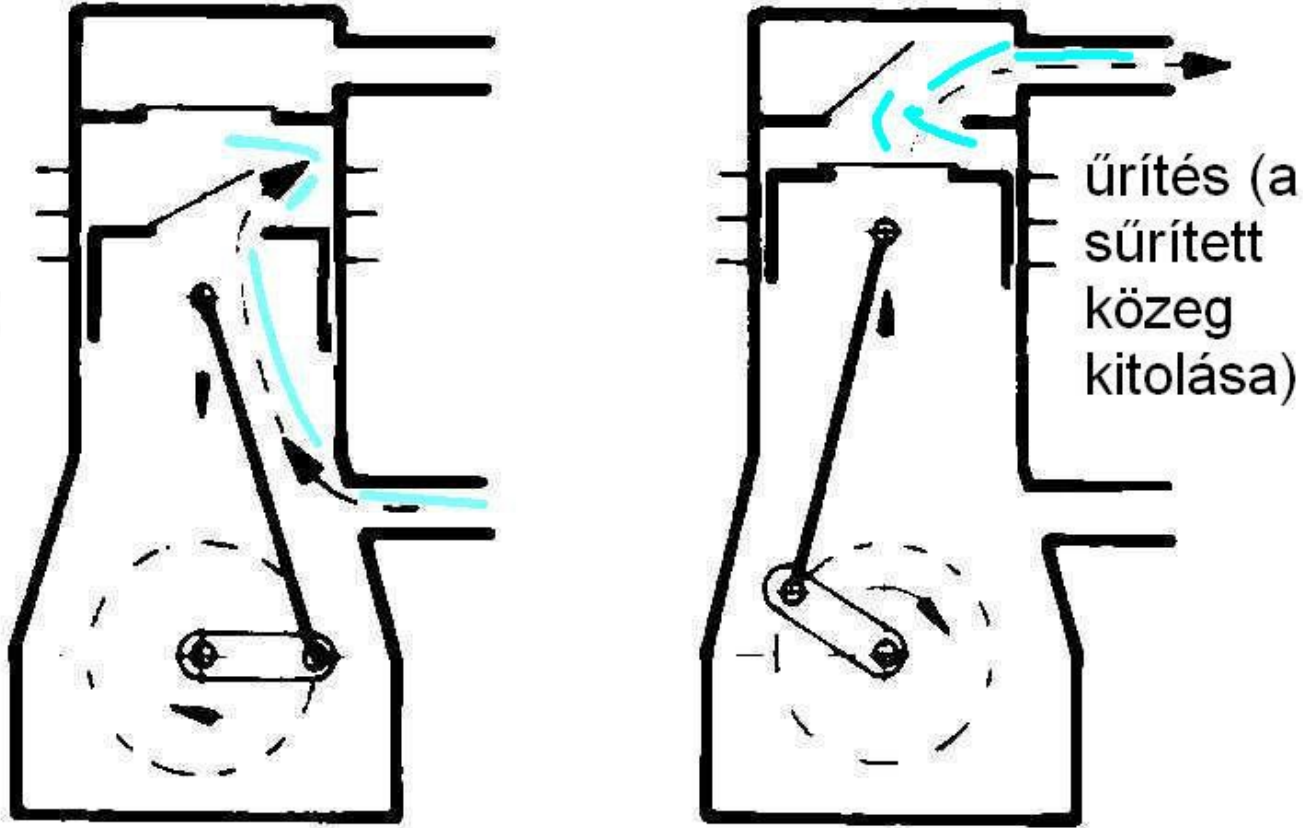
D–C sűrítés

C–B szívás

B–A terjeszkedés

Szívás és űrítés
közben a szelepeken
és a csővezetékeken
áramlási veszteség
keletkezik. Pl. $p_D > p_A$

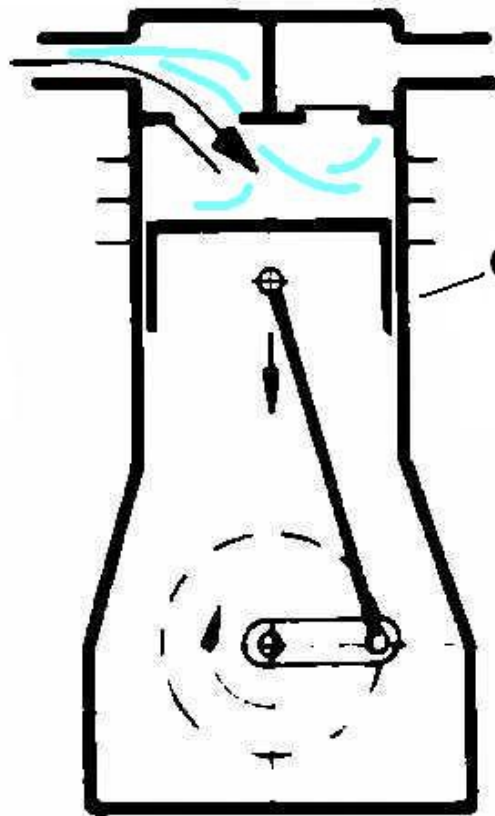
Meqvalósítása



Egyenáramú kompresszor
Szívás a forgattyúházból

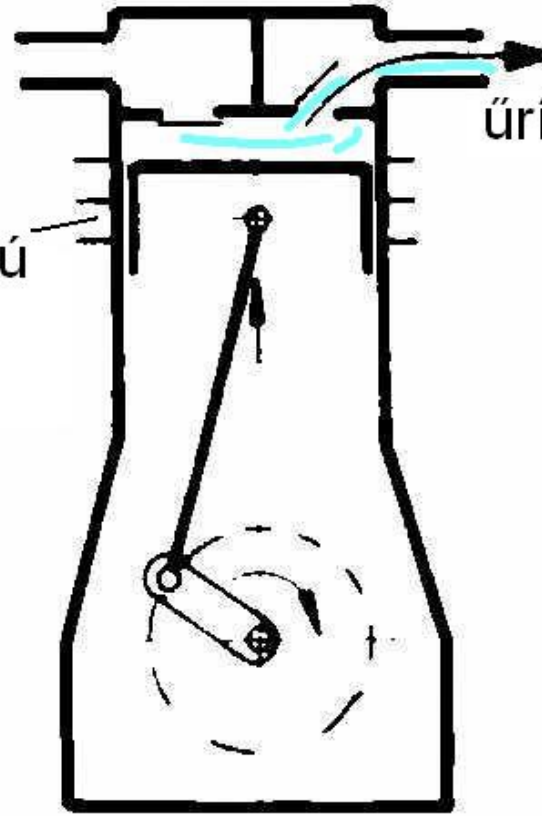
Működés

szívás



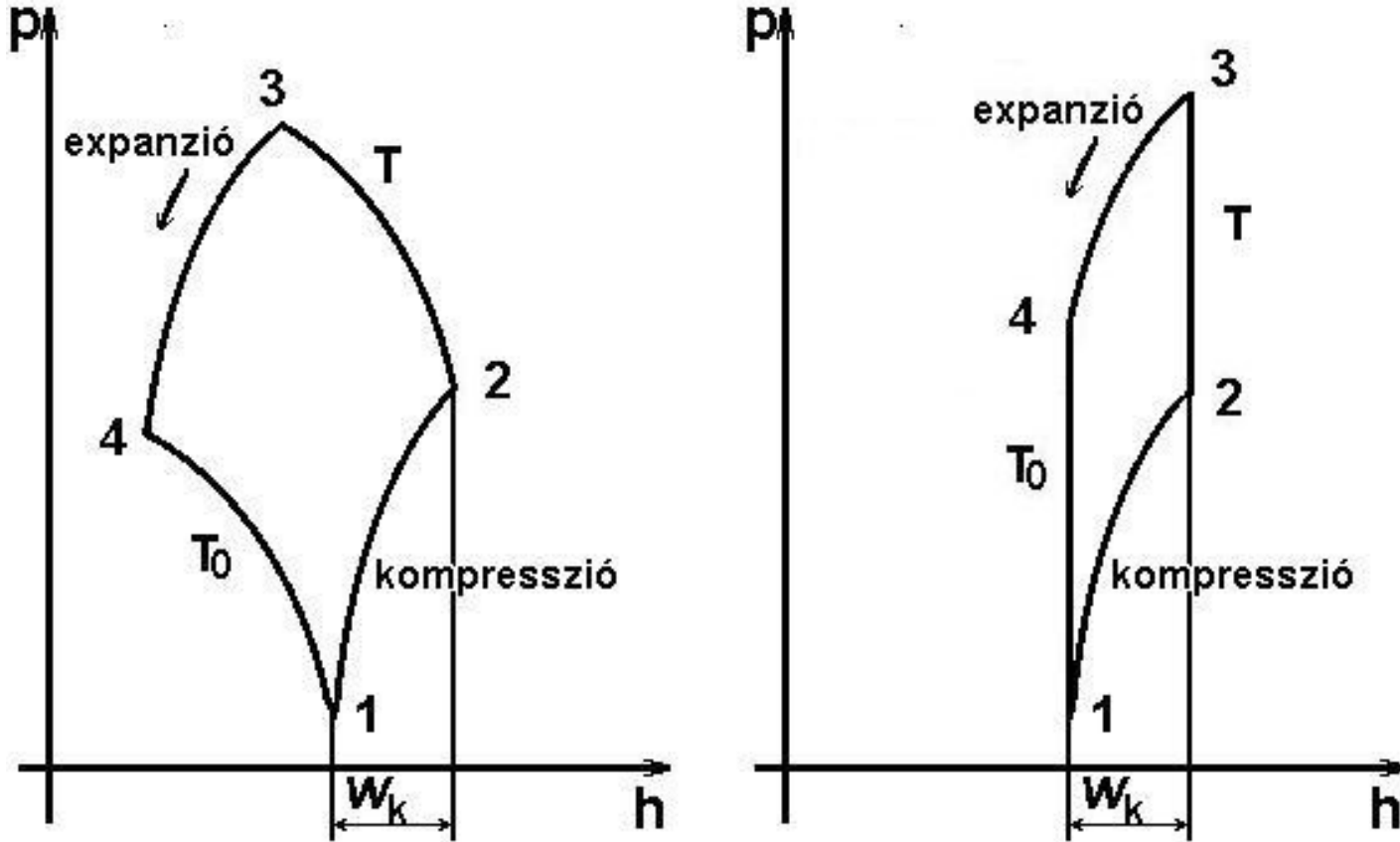
dugattyú

űrités



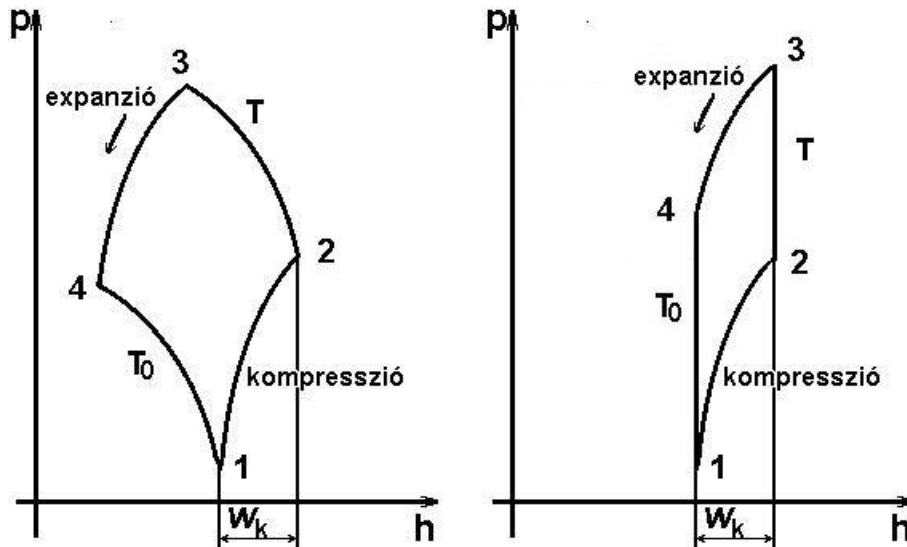
Váltakozóáramú kompresszor
a szelepek a hengerfedélben vannak

Meovalósítása



Baloldalt: reális gázzal jobboldalt: ideális gázzal (vagy folyadékkal)

Megvalósítása



$$dh = du + pdv + vdp$$

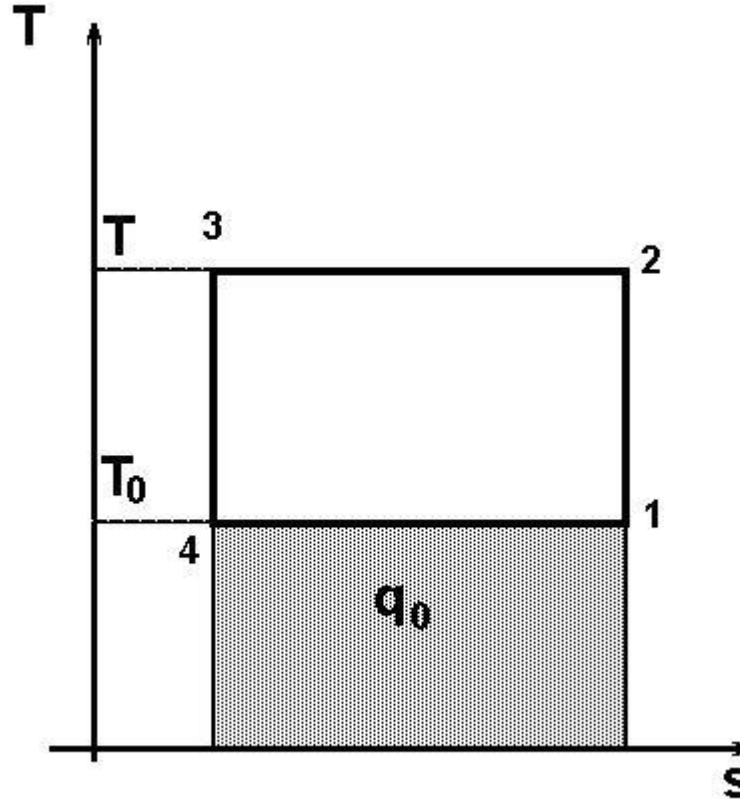
Izoterm állaptváltozásnál
 $pv = \text{állandó}$. Emiatt az entalpia
csak a belső energia
változásából áll

$$du = c_v dT$$

A baloldali ábrán a reális gáz izotermikus állapotváltozása látható;
abban az esetben, ha az megközelíti a telítési állapotot (túlhevített gőz).

A telítési állapot közelében a van der Waals állapotegyenlettel kell számolnunk.
Ennek képe eltér az ideális függőleges egyenestől

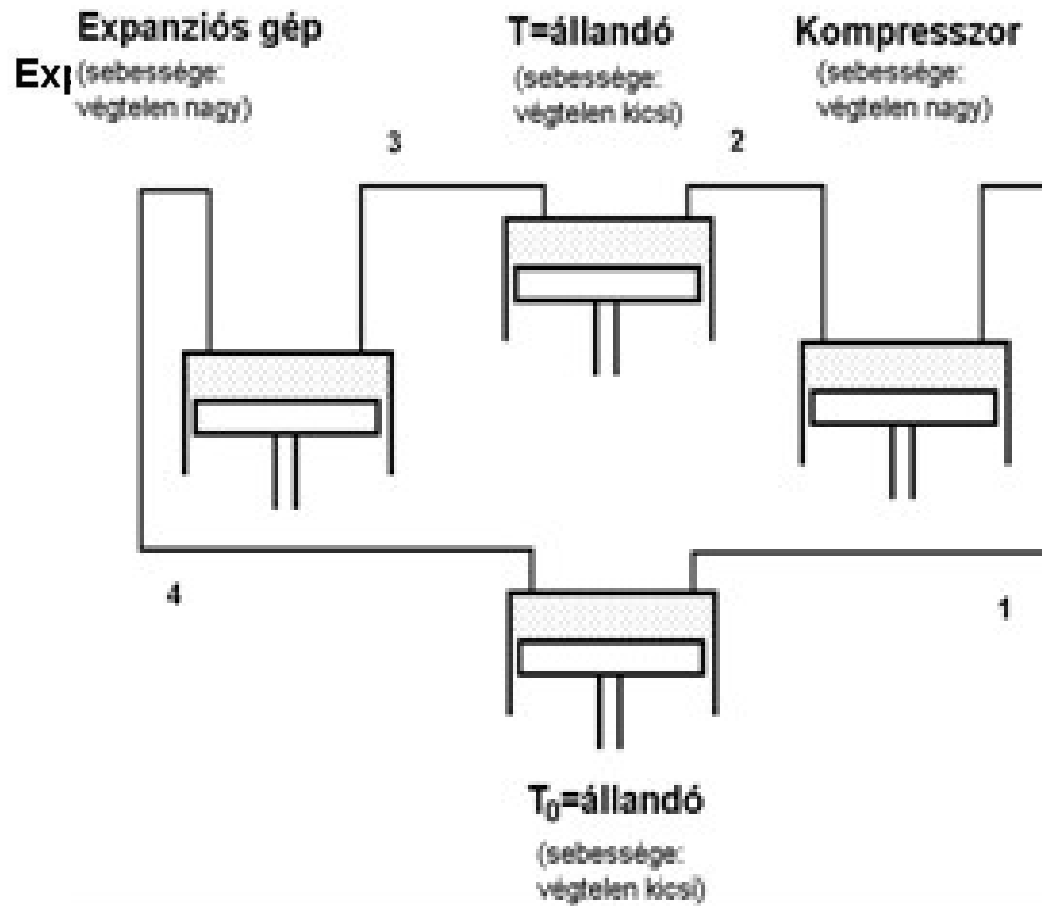
Megvalósítása



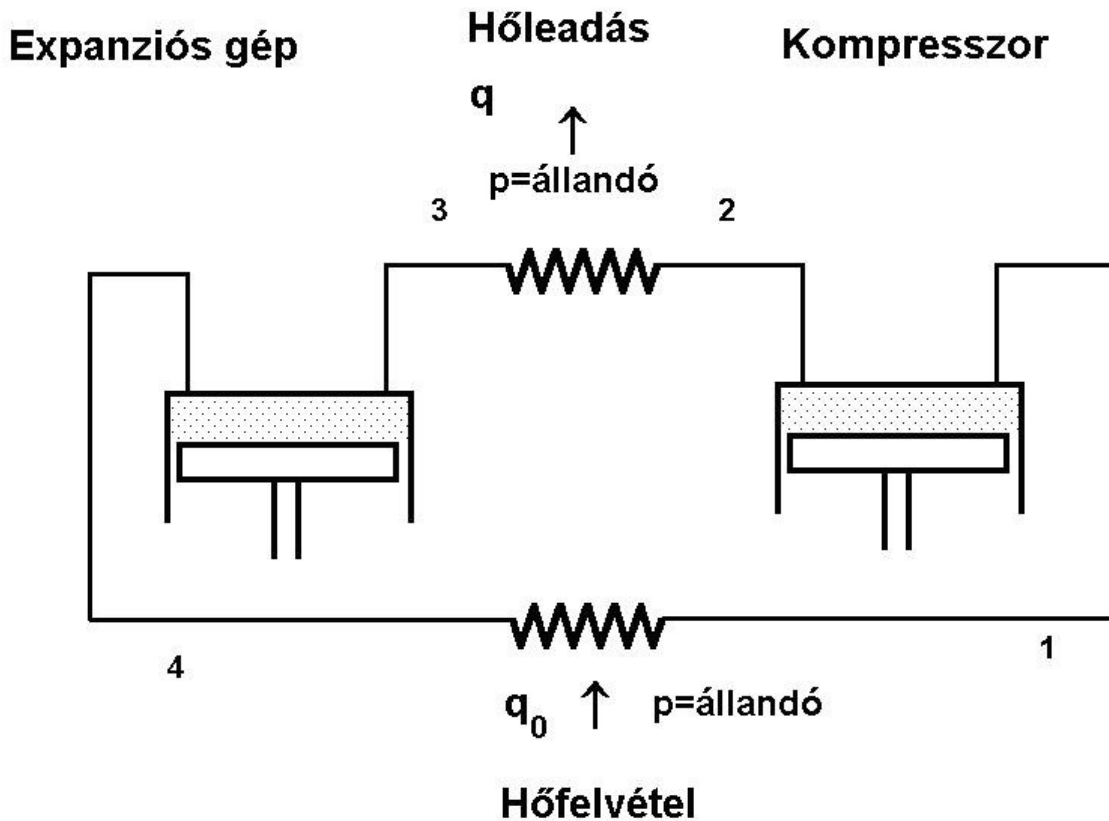
T-s diagramon ilyen egyszerű a hűtő körfolyamat képe:

csak izotermákból és adiabatákból áll

Meqvalósítása



Megvalósítása



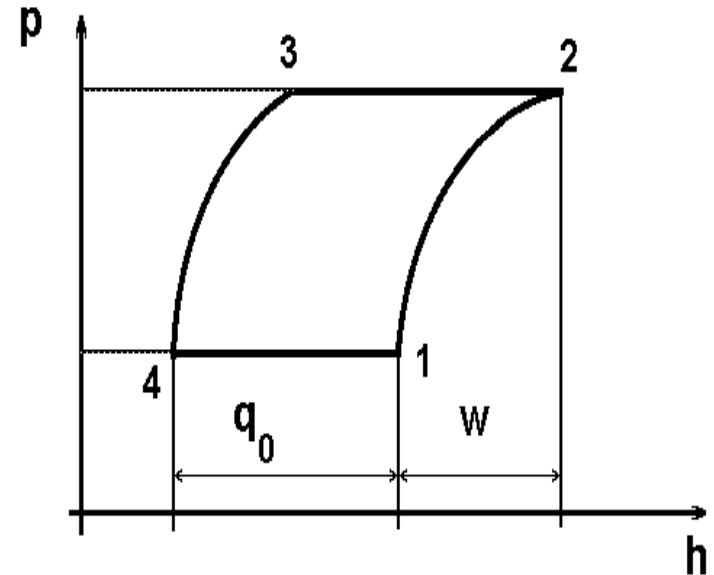
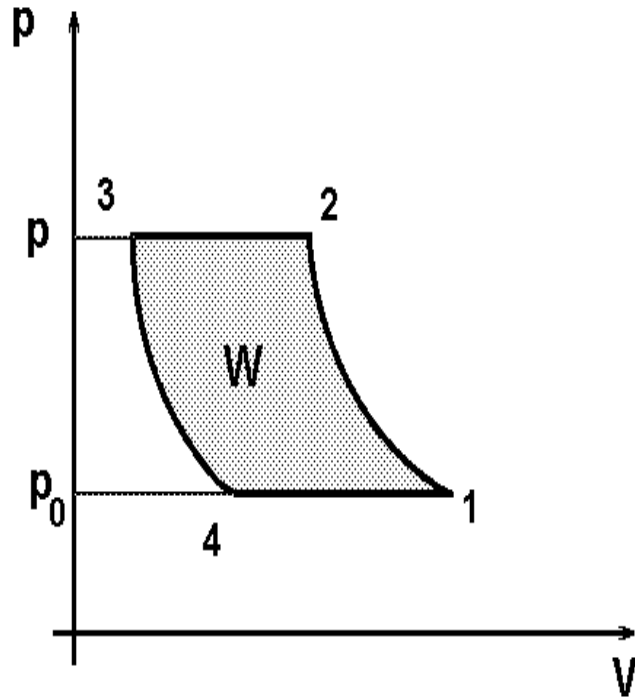
Izoterm helyett
izobár

Előnye:

megvalósítható,
egyszerű

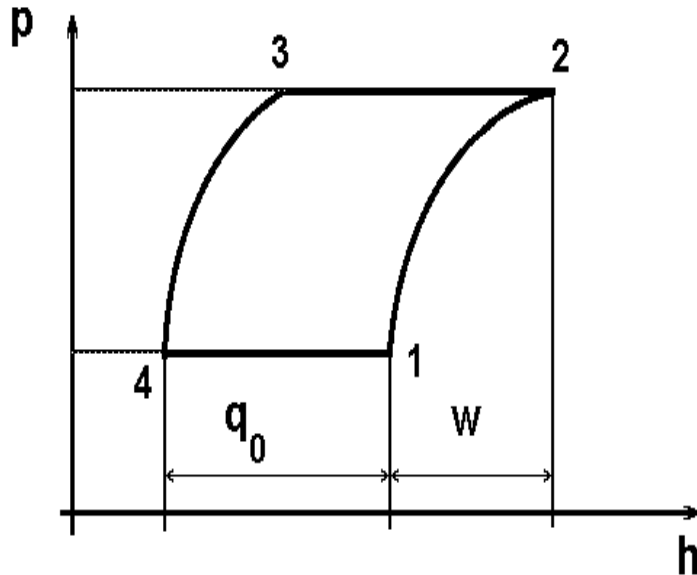
Hátránya: rosszabb
a gép
teljesítőképessége,
mert nem felel meg
többé a Carnot
körfolyamatnak

Megvalósítása



A hőfelvétel és a hőleadás már izobár folyamat; p - v és p - h diagramon

Megvalósítása



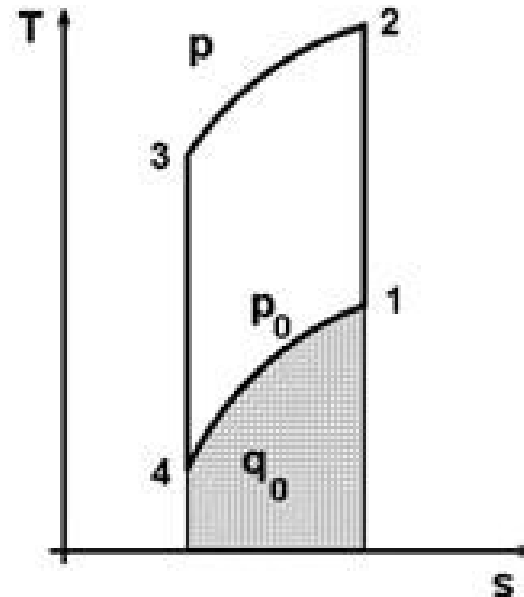
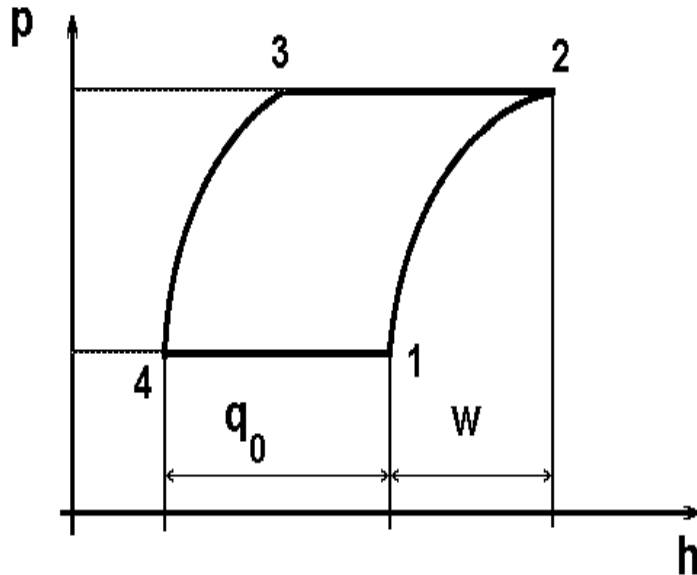
$$dh = du + pdv + vdp$$

Izobár folyamatnál az egyenlet utolsó tagja nulla. Emiatt a hőközlés egyenlő az entalpia változásával

A diagram előnyei:

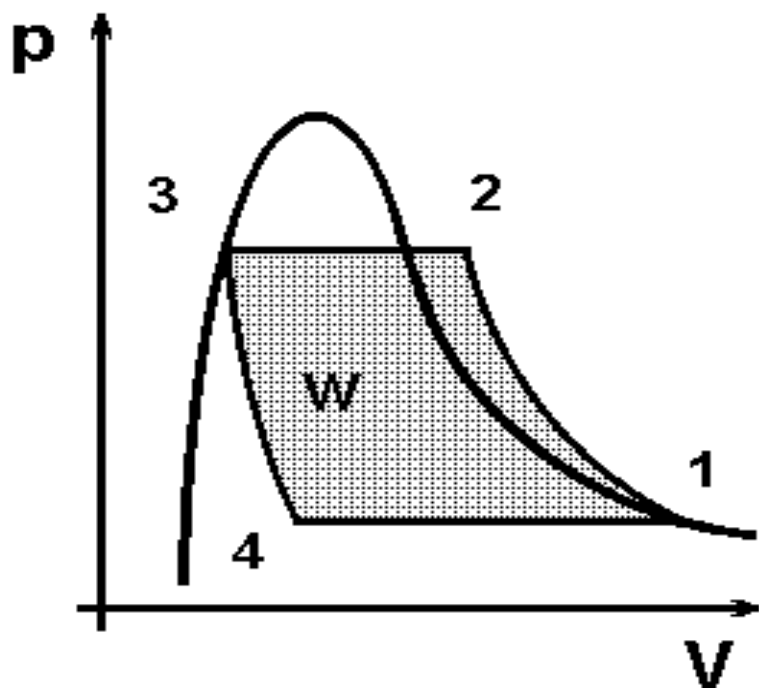
1. A kompresszió munkája az entalpia változásából számítható
2. A hőelvonás az entalpia változásából számítható

Megvalósítása



T-s diagramon már nem egyenes hűtőben lezajló állapotváltozás képe. A q_0 hőelvonás azonban továbbra is a görbe alatti terület

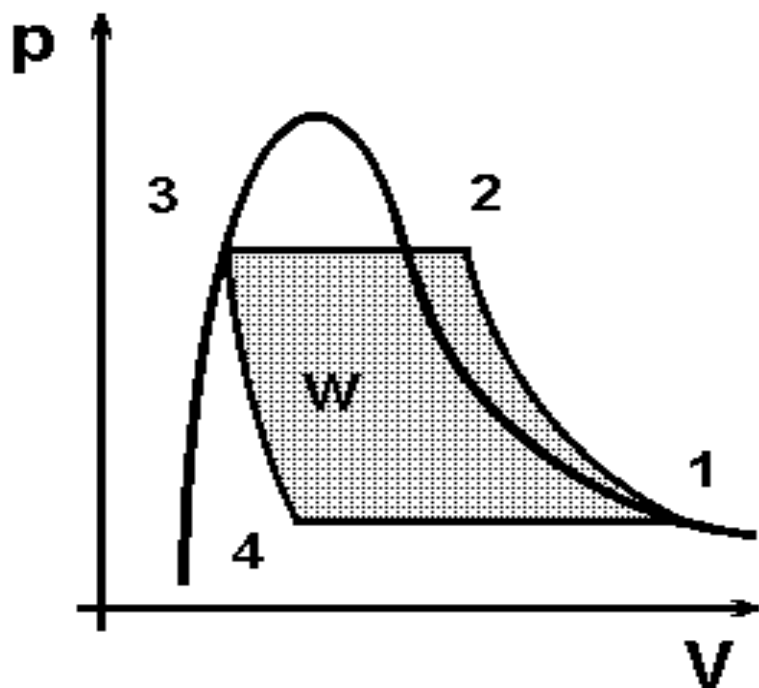
Halmazállapotát változtató hűtőközeg alkalmazása



Eddig az ideális gázok példáján vizsgáltuk a hűtő körfolyamatot. Most jobbról-balra (vagy felülről-lefelé) haladva elérjük azt a határt, ahol az anyag elkezd cseppfolyósodni. A fázisátmenet határgörbéit látjuk, és rajta a hűtő körfolyamatot.

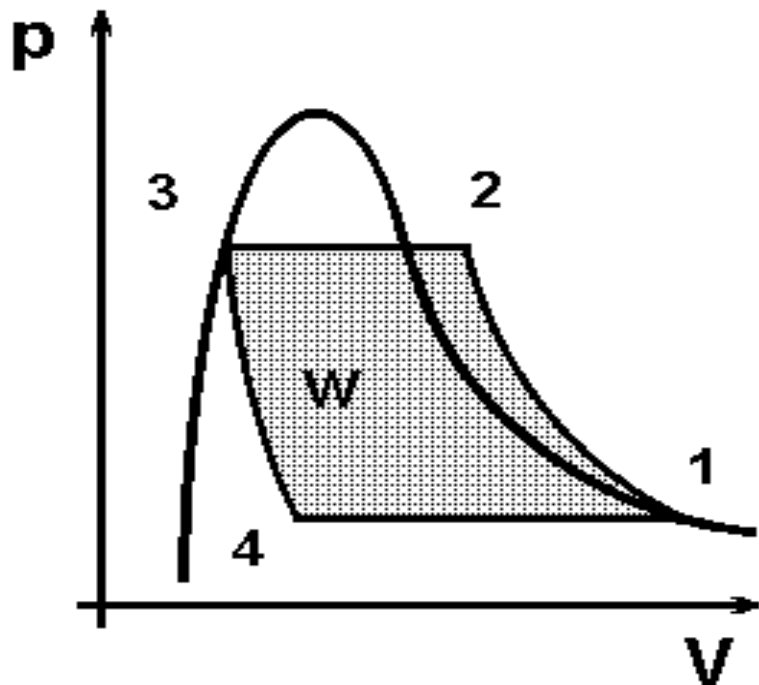
Jobb oldalt a felső határgörbe a telített gőz határa (például az 1. jelű pont). Bal oldalt az alsó határgörbe (például a 3. jelű pont). Közöttük az anyag a cseppfolyós és légnemű állapot keverékéből áll.

Halmazállapotát változtató hűtőközeg alkalmazása



Az 1. jelű ponttól jobbra az anyag túlhevített gőz állapotban van. A két határgöbe által közbezárt területen azt mondjuk: nedves gőz. A 3. jelű ponton, és a hozzá tartozó görbe mentén az anyag folyadék határállapotban van. Balra tőle az anyag teljes egészében cseppfolyós állapotban van. Az alsó és felső határgörbe felül egy pontban találkozik egymással. Ez a kritikus pont. p - v diagramon az alsó és felső határgörbe közötti vízszintes különbség jelzi, mekkora a cseppfolyósodás *térfogatváltozása*.

Halmazállapotát változtató hűtőközeg alkalmazása



Az eddig ideális gázra leírt körfolyamat a következőképpen változik:

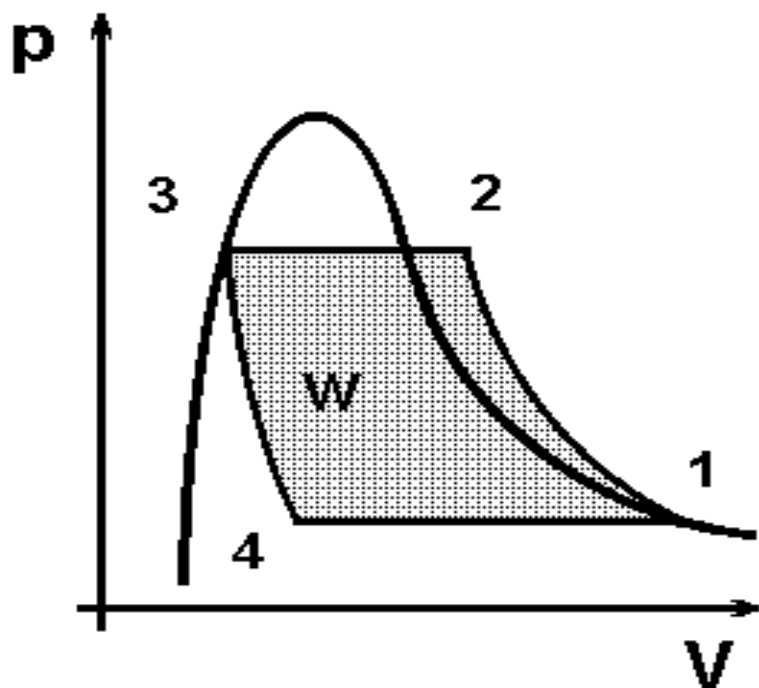
1–2 adiabatikus kompresszió

2–3 izobár hőleadás

3–4 adiabatikus expanzió

4–1 izobár hőfelvétel a hűtőben

Halmazállapotát változtató hűtőközeg alkalmazása



Az eddig ideális gázra leírt körfolyamat a következőképpen változik:

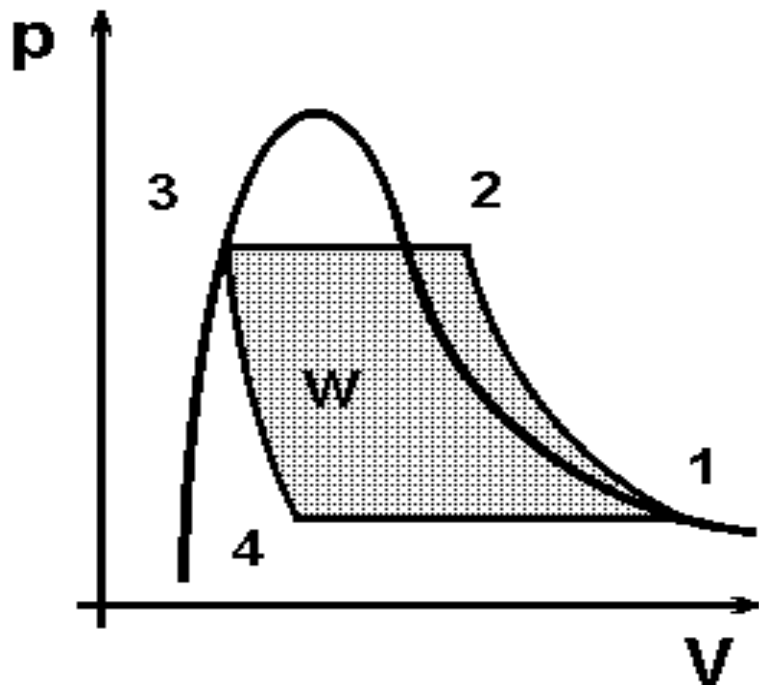
1–2 a folyamat telített gőzzel indul, amely a kompresszió alatt túlhevül

2–3 a túlhevített gőz lehül a telítési hőmérsékletére, és teljes egészében átmegy cseppfolyós halmazállapotba

3–4 a folyadék expanziója alatt az anyag egy kis része elpárolog

4–1 az anyag teljes egészében elpárolog

Halmazállapotát változtató hűtőközeg alkalmazása



A folyamat részeinek új elnevezése van.

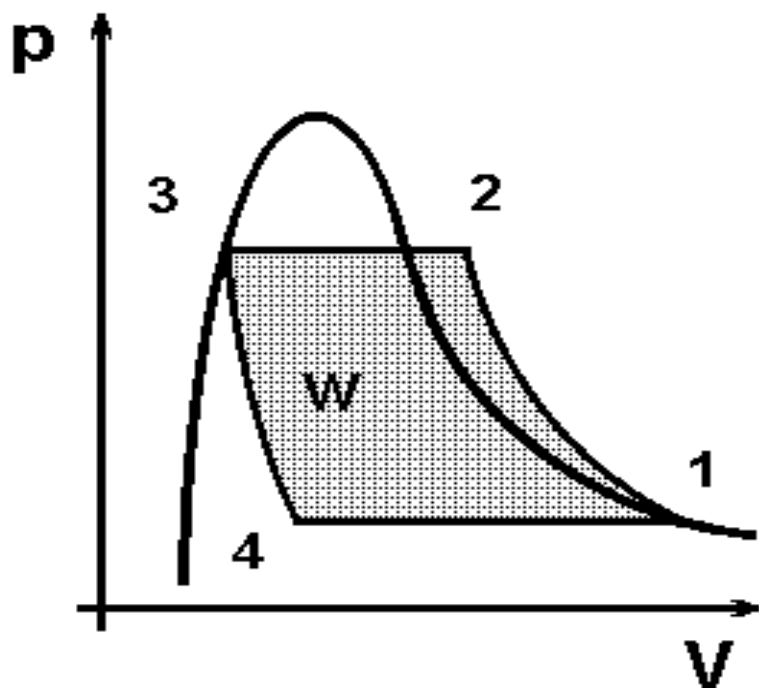
1–2 kompresszió a kompresszorban

2–3 kondenzáció a **kondenzátorban**

3–4 expanzió az expanziós gépben

4–1 elpárolgás az **elpárolgatóban**

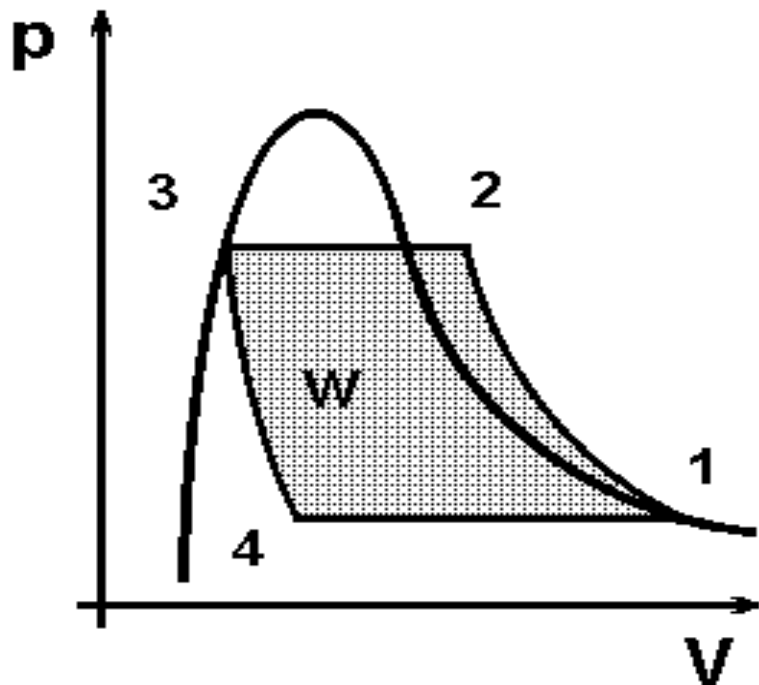
Halmazállapotát változtató hűtőközeg alkalmazása



A Gibbs-féle fázisszabály értelmében a rendszer *szabadsági foka* eggyel csökkent. Ha egyszerre két fázis van jelen, akkor a nyomás és a hőmérséklet értékét nem lehet egymástól függetlenül felvenni. Ezért

- az izobár folyamat izoterm is
 - az izoterm folyamat izobár is
- a két határgörbe között

Halmazállapotát változtató hűtőközeg alkalmazása

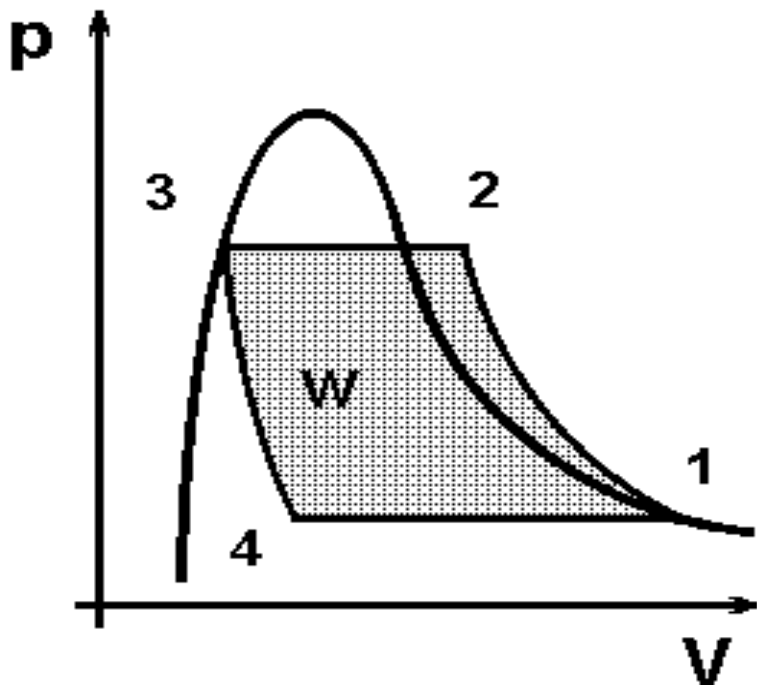


A Gibbs-féle fázisszabály következtében a folyamat két lényeges előnye

a folyamat jósági foka (elméletileg) azonos a Carnot folyamat jósági fokával, tehát maximális

a hőleadás és a hőfelvétel izobár, tehát technikailag könnyedén kivitelezhető; egy-egy hőcserélő elegendő hozzá

Halmazállapotát változtató hűtőközeg alkalmazása



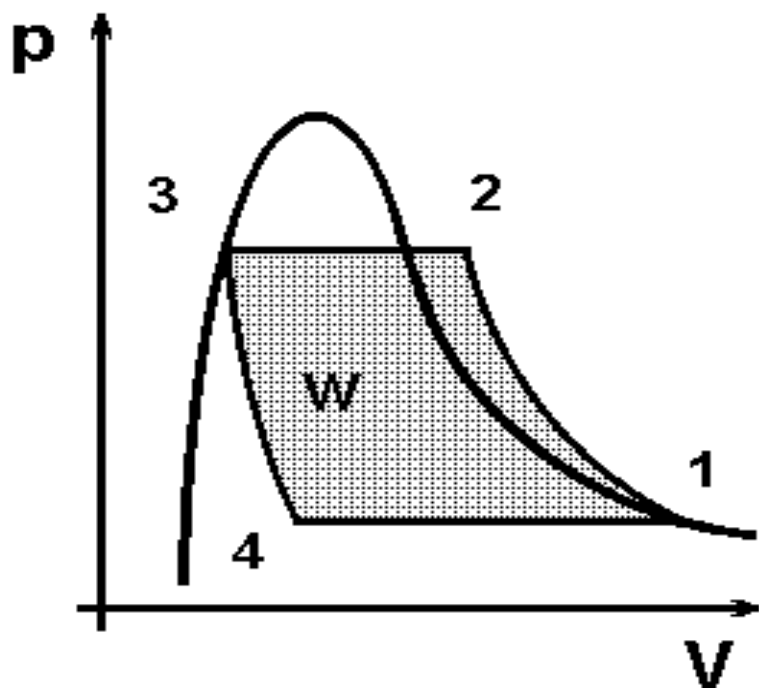
A jósági fok a termikus hatásfok fordítottja:

$$j = \frac{q_0}{w} = \frac{T_0}{T - T_0}$$

- q_0 az egységnyi tömegű hűtőközeg által a hűtőben felvett hőmennyiség
- w a folyamat fenntartására egységnyi tömegű hűtőközegen végzett munka

$q_0 > w$, például 100 kJ/kg munka árán esetleg 200 kJ/kg hőelvonás is lehetséges (veszteséges körfolyamat estén is előnyös)

Halmazállapotát változtató hűtőközeg alkalmazása



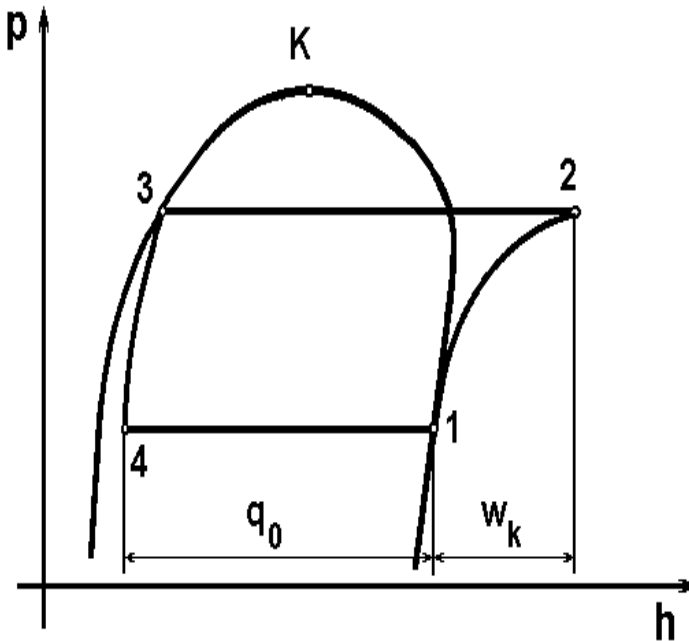
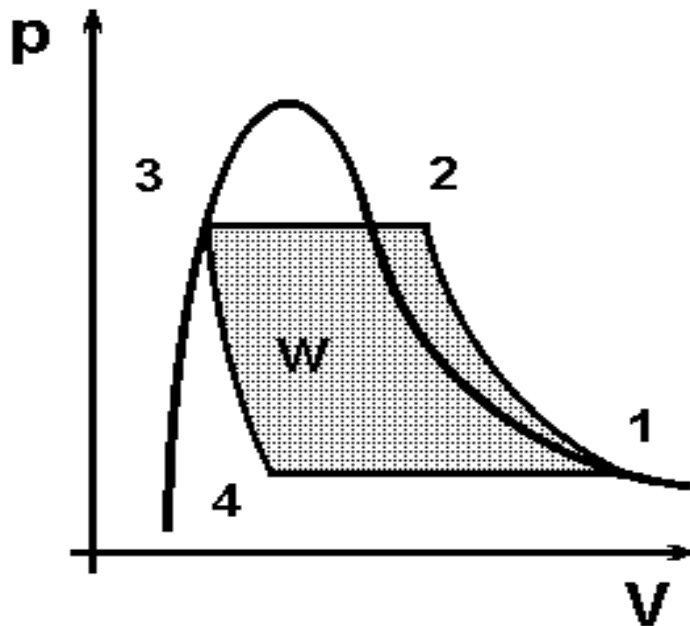
Az ilyen folyamat további előnye:

A 2–3 kondenzáció erőteljes turbulenciával jár. Azonos felületen *ennél a folyamatnál a legnagyobb a hőátadás.*

A 4–1 párolgás is turbulenciával jár, ezért az elpárologtató felületén is igen jó a hőátadás

Mindez *áramlástan*i szempontból veszteséggel jár, amely azonban eltörpül a folyamat előnyei mellett

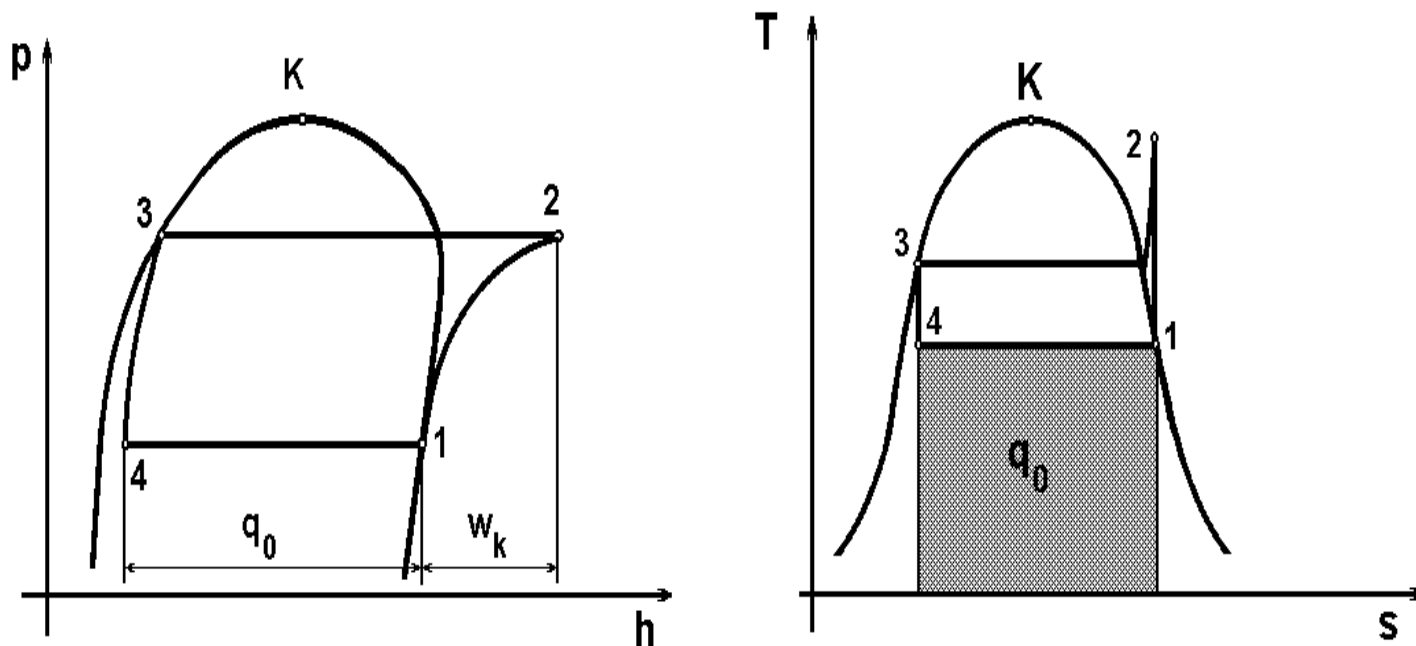
Halmazállapotát változtató hűtőközeg alkalmazása



q_0 a hűtőben felvett hőmennyiség, w_k a kompressziómunka

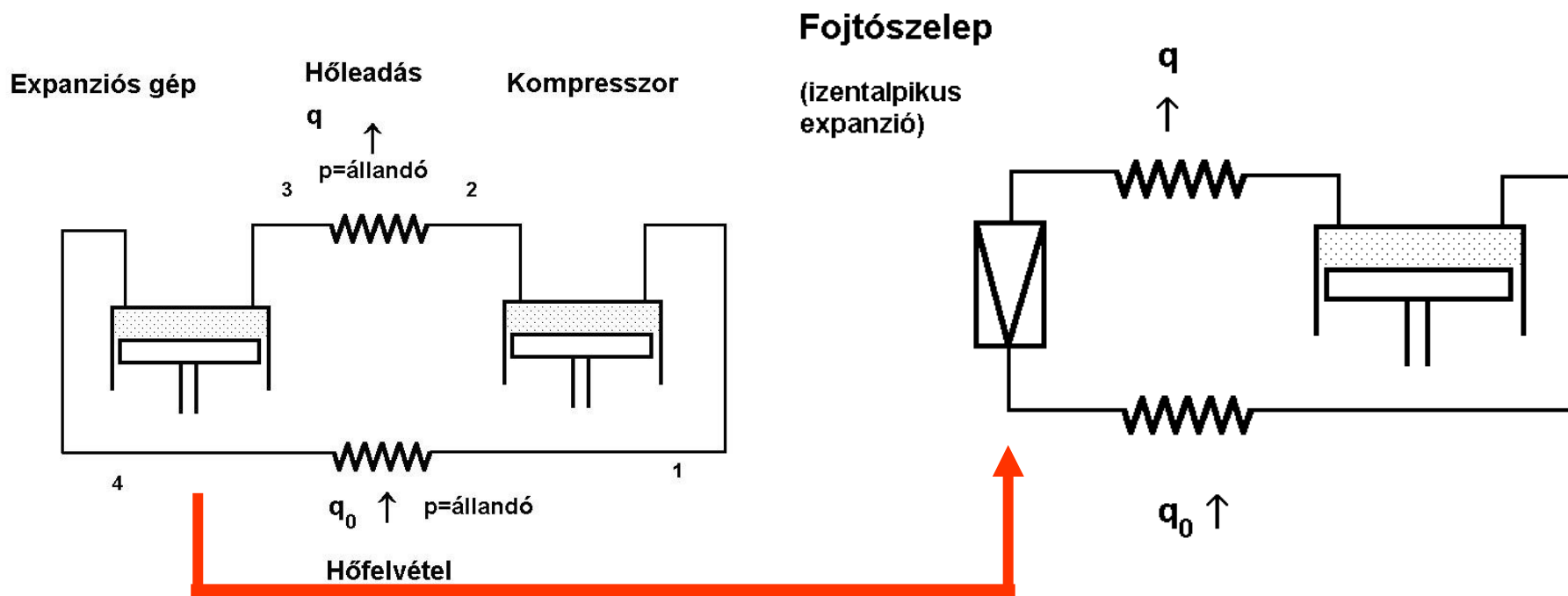
most már csak a kompresszorban bevezetett munkát számítjuk

Halmazállapotát változtató hűtőközegek alkalmazása



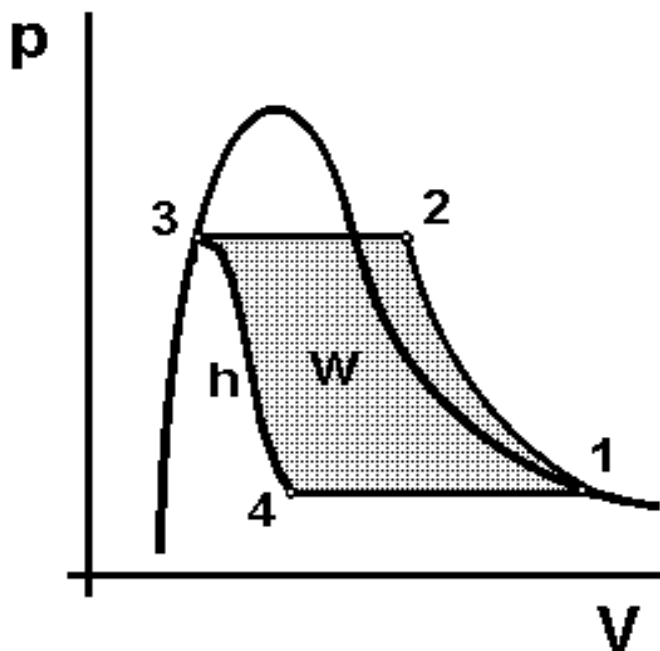
A $T-s$ diagramon észrevehető, hogy elég magas a kompresszió véghőmérséklete. Jól látható az is, hogy a 2–3 folyamat elején a gőznek le kell hűlnie a telítési hőmérsékletére, mielőtt elkezd kondenzálódni. A görbéje alatti terület csekély, nem rontja jelentősen a jósági fok értékét

Halmazállapotát változtató hűtőközegek alkalmazása



Az expanziós gép helyett fojtószelepet használunk. Elveszítjük az expanziómunkát, azonban ez a gép szerkezetileg sokkal egyszerűbb. A veszteség néhány százalék, de nincs tömszelence, olajozás, forgattyús tengely, szívószelep, stb.

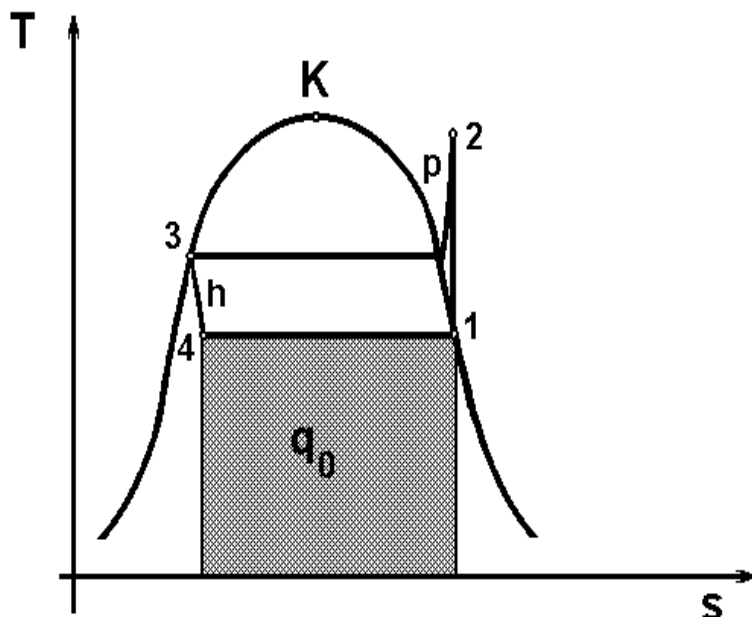
Halmazállapotát változtató hűtőközeg alkalmazása



Ha az expanzió *gyors*, a folyamat közelíti az adiabatikus állapotváltozást, például a gőzturbináknál. A sebesség felső határa nem végtelen, hanem a hang terjedési sebessége.

Ha az expanzió *lassú*, a folyamat közelíti az **izentalpikus** állapotváltozást. p - v diagramon alig látszik a különbség

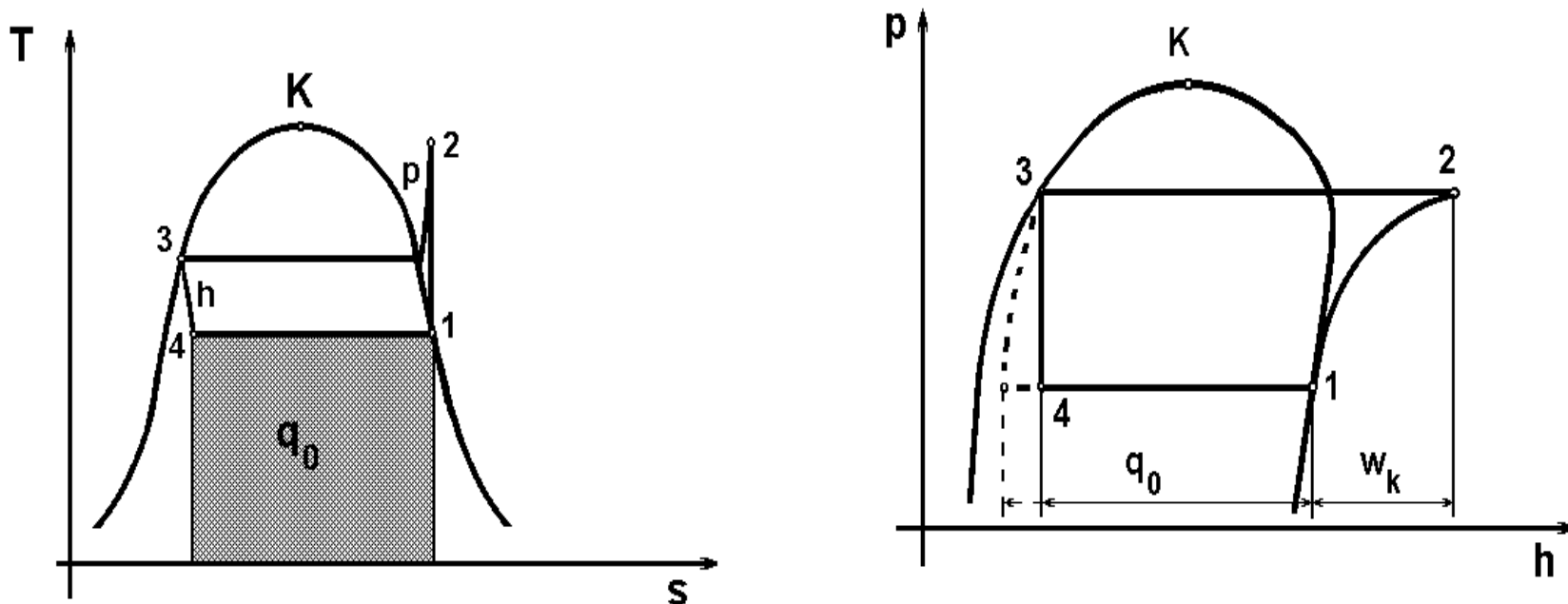
Halmazállapotát változtató hűtőközeg alkalmazása



A fojtószelep alkalmazásának van hátránya: a 4–1 görbe alatti terület kisebb. Tehát ugyanannyi hűtőközeggel kevesebb hőt tudunk elvonni az elpárologtatóban, romlik a gép teljesítőképessége

(A teljesítőképesség a hőáram nagysága, ez az iparban kW nagyságrendű. Ezt a körforgásban tartott közegmennyiségből számítják, amelyet kg/s, vagy kg/h mértékegységben szokás meghatározni)

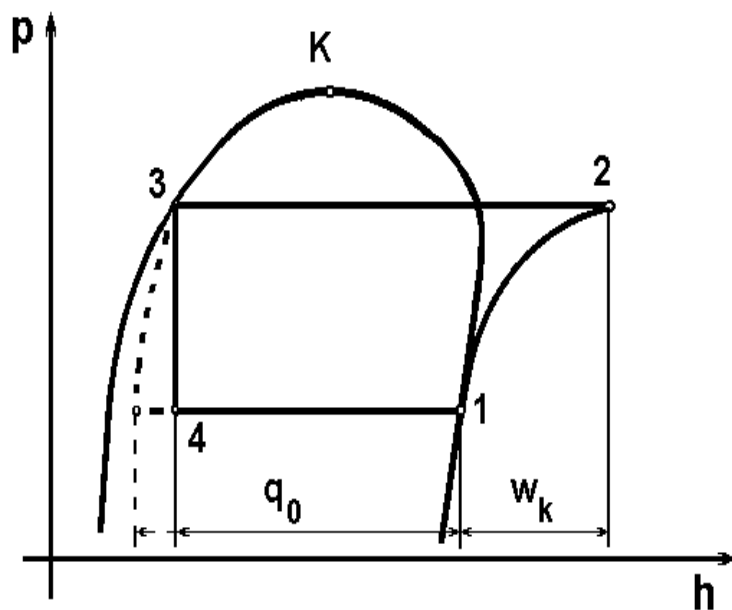
Halmazállapotát változtató hűtőközeg alkalmazása



Jól látható, miért használjuk a nyomás-entalpia diagramot

Halmazállapotát változtató hűtőközeg alkalmazása

$$dh = du + pdv + vdp$$

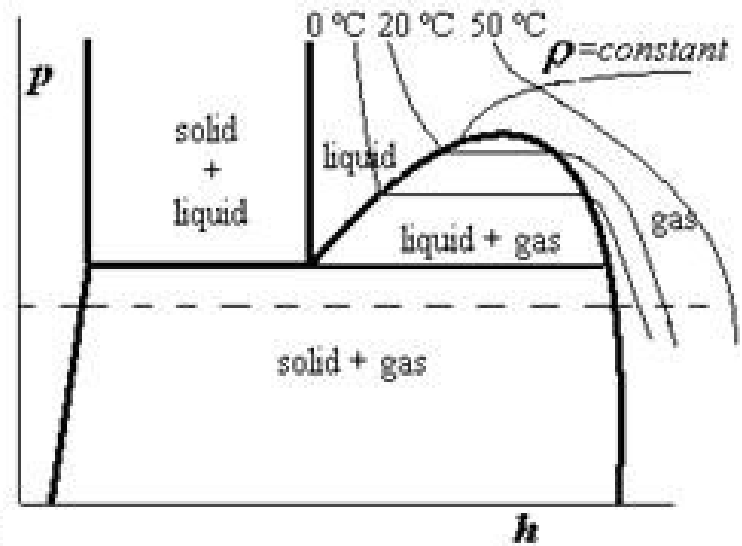
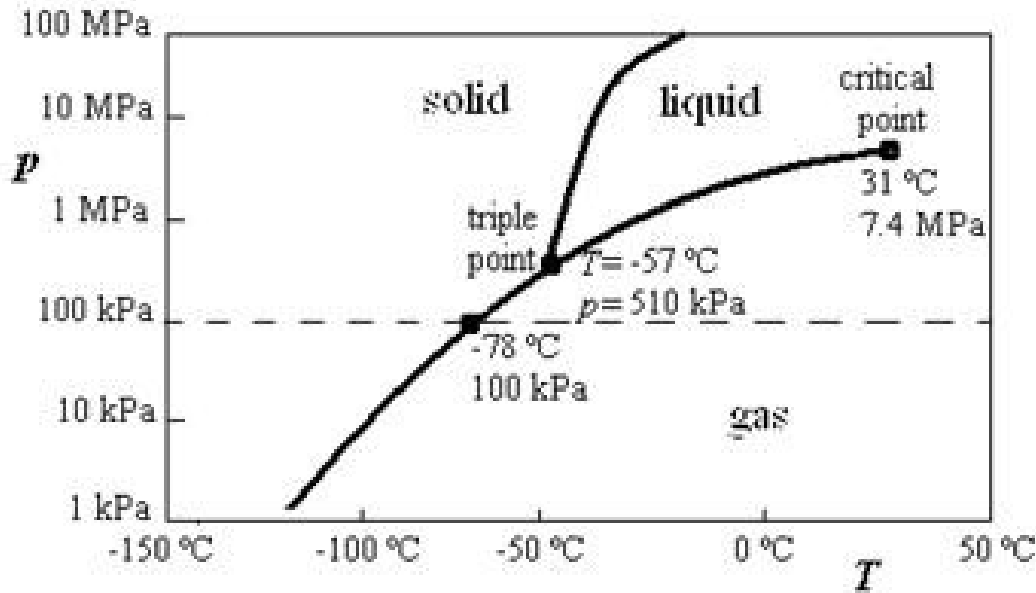


A munka útfüggő mennyiség, nem lehet a munkavégzést ábrázoló diagramot készíteni. Ha azonban a folyamat adiabatikus, a munka azonos a technikai munka értékével, és a diagramról leolvasható $w_k = h_2 - h_1$

A hőátadás izoterm is és izobár is, ezért az entalpia értékekből ez is kiszámítható: $q_0 = h_1 - h_4$

Az ábrán látható az adiabatikus és az izentalpikus expanzió különbsége: a hűtőben elvonható hőmennyiség kis mértékben, de csökken

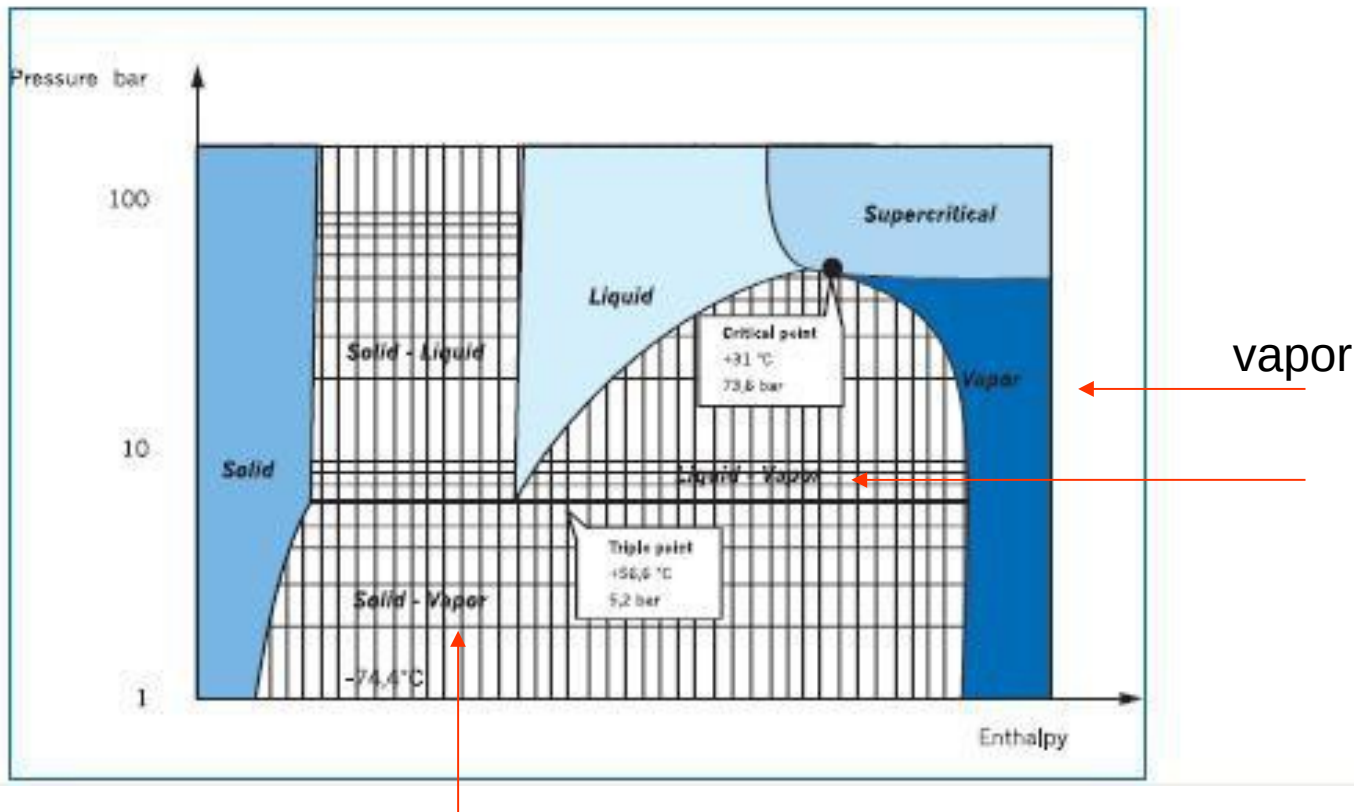
Diagramok a termodinamikában



Széndioxid. A diagram érdekessége, hogy a nyomás-entalpia diagramon a szilárd fázis is látható. A fagyás felső határgörbéje jobbra dől, fagyáshője tehát kissé növekszik a nyomás függvényében. Az anyag csak a kritikus hőmérséklet (+31°C) felett lehet gáz, bár az izotermák még a kritikus hőmérséklet felett is görbülnek kissé (az ábrán +50 °C). Ugyanott egy állandó sűrűségű (ρ) vonal is látható.

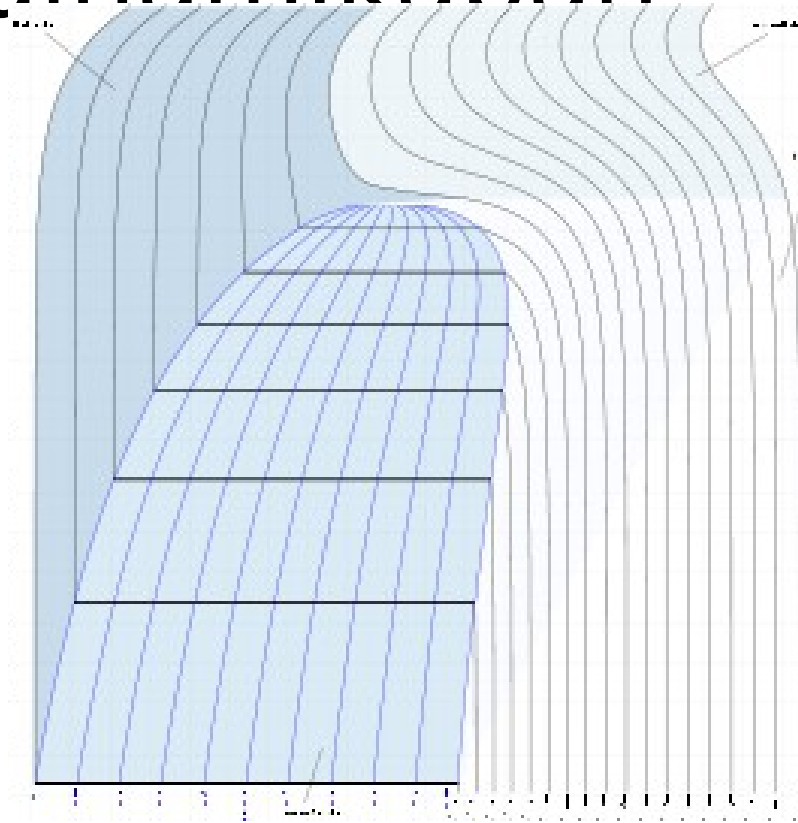
Diagramok a

CO₂ Phase diagram

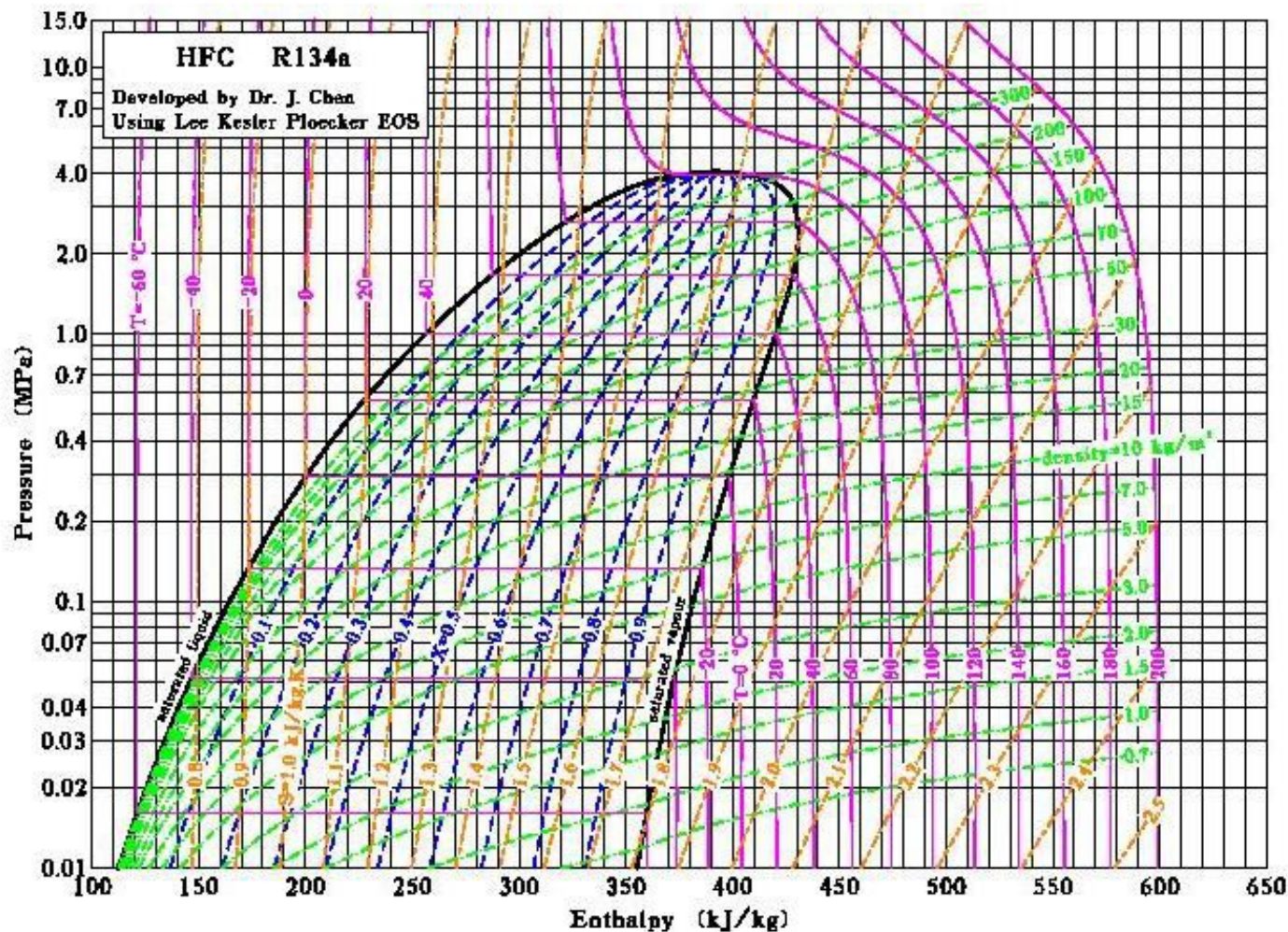


Ebben a változatban nem a téves „gas”, hanem a helyes „vapor” szó jelzi a gőzt

Diagramok a termodinamikában

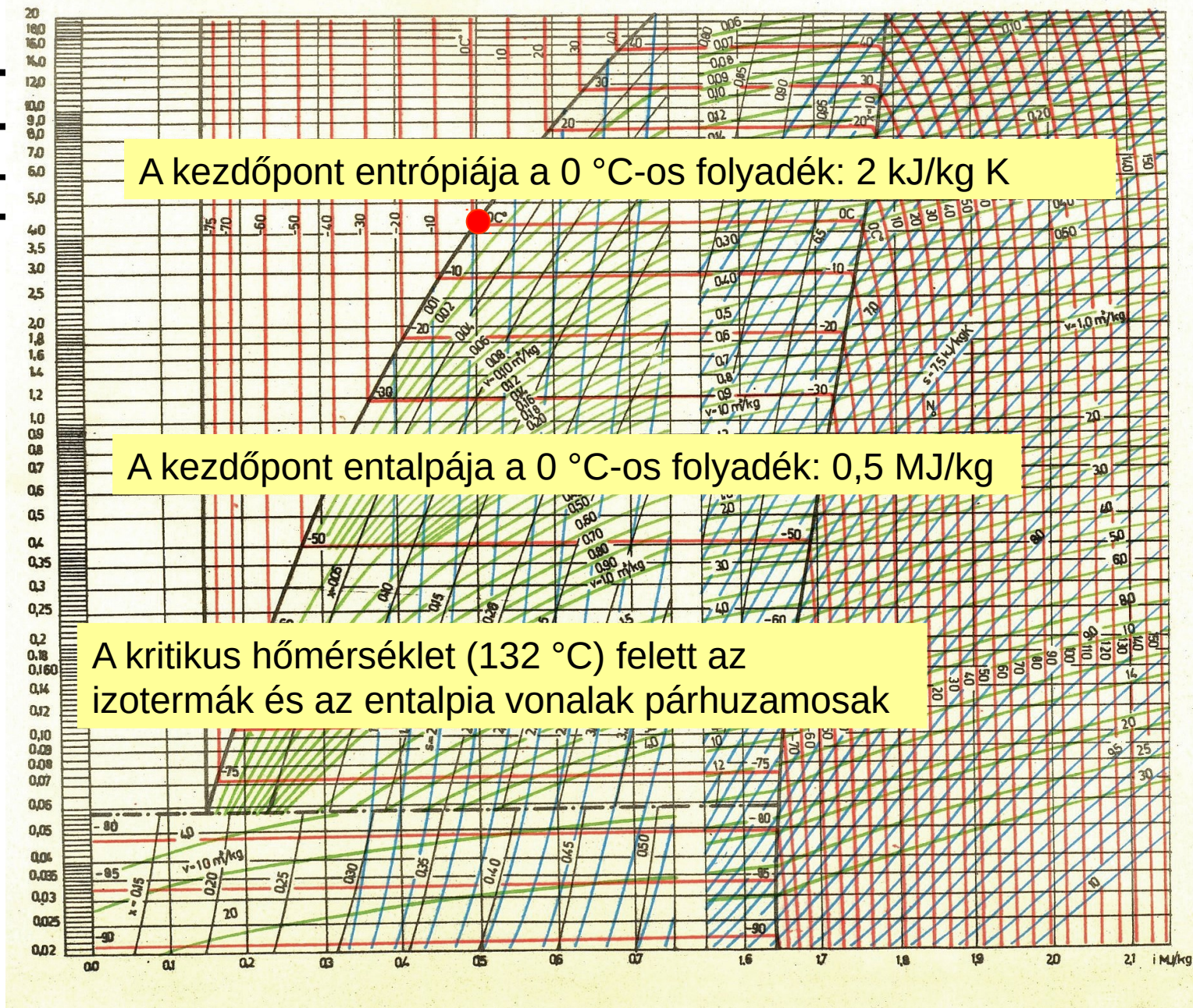


Vízgőz nyomás-entalpia diagramja. A kritikus hőmérséklet feletti izotermák S alakúak; a kritikus hőmérsékleten vízszintes inflexió érintőjük van

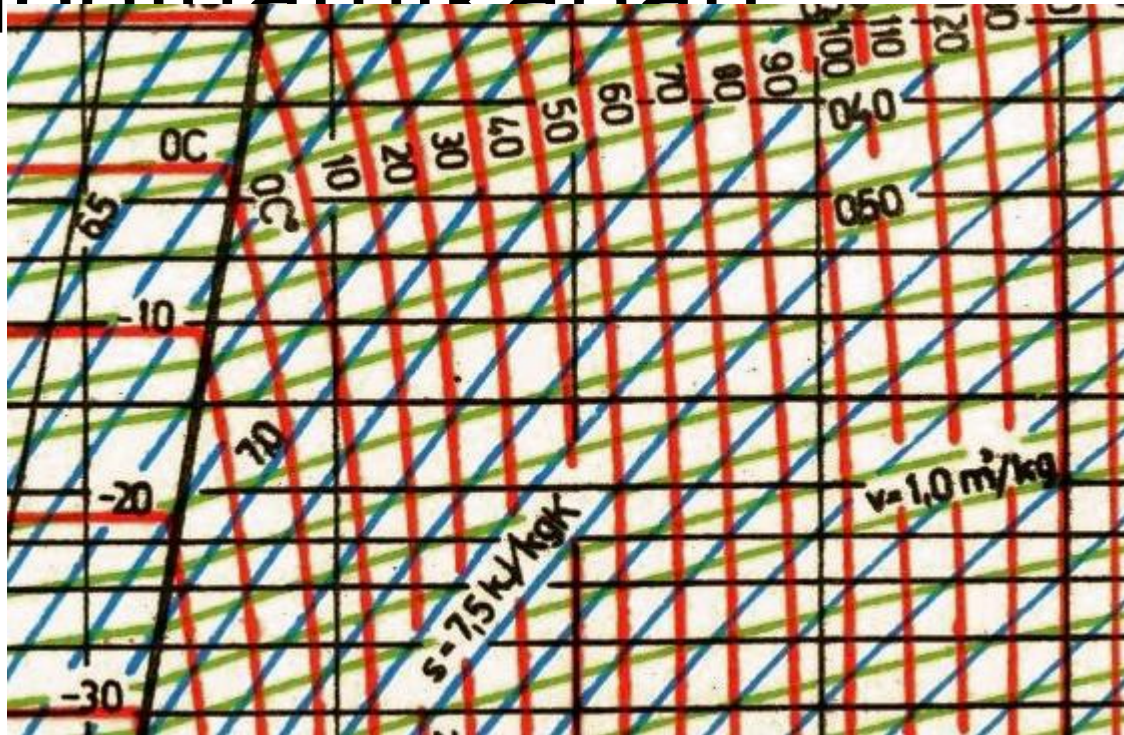


Az izotermák lila színűek, az állandó sűrűségű vonalak zöldek; az állandó entrópiájú vonalak (tehát adiabaták) narancs színűek. Kék színűek azok a vonalak, amelyeknél azonos a folyadék–gőz arány

A kritikus izoterma (100 °C) érintője vízszintes

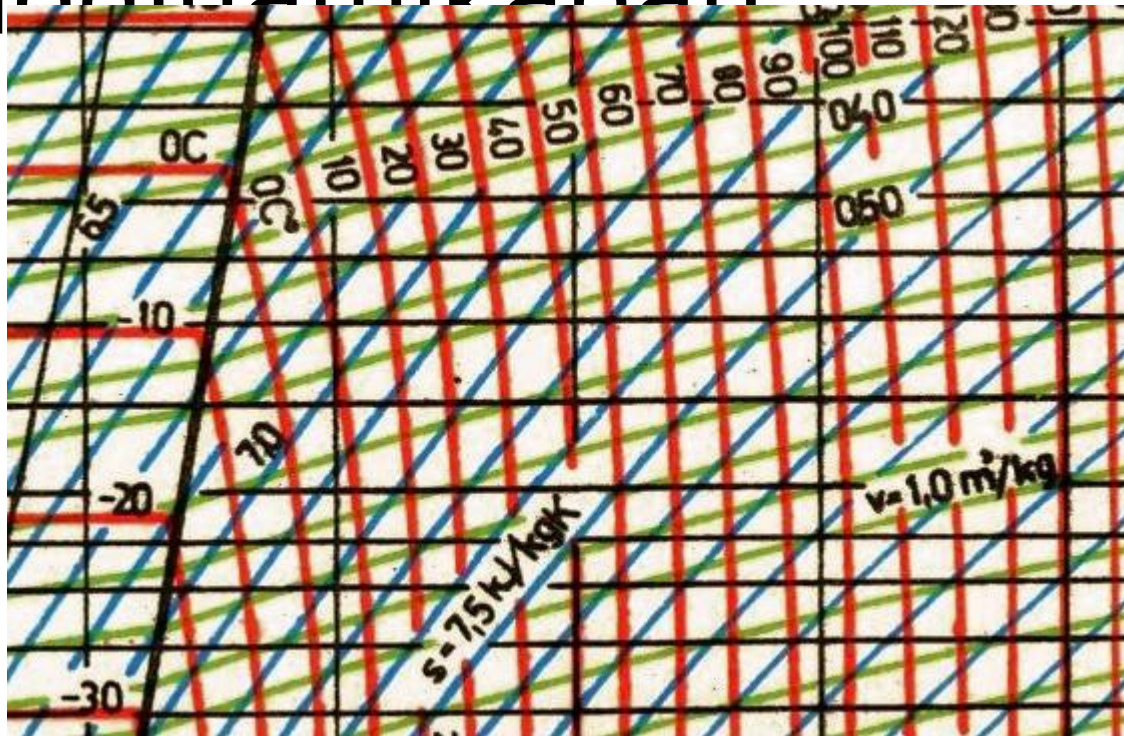


Diagramok a termodinamikában



Itt a hőmérséklet $-10 \text{ }^\circ\text{C}$

Diagramok a termodinamikában



Itt a fajlagos entrópia 7,4 kJ/kgK

Diagramok a termodinamikában



Itt a fajlagos térfogat $0,9 \text{ m}^3/\text{kg}$

Diagramok a termodinamikában

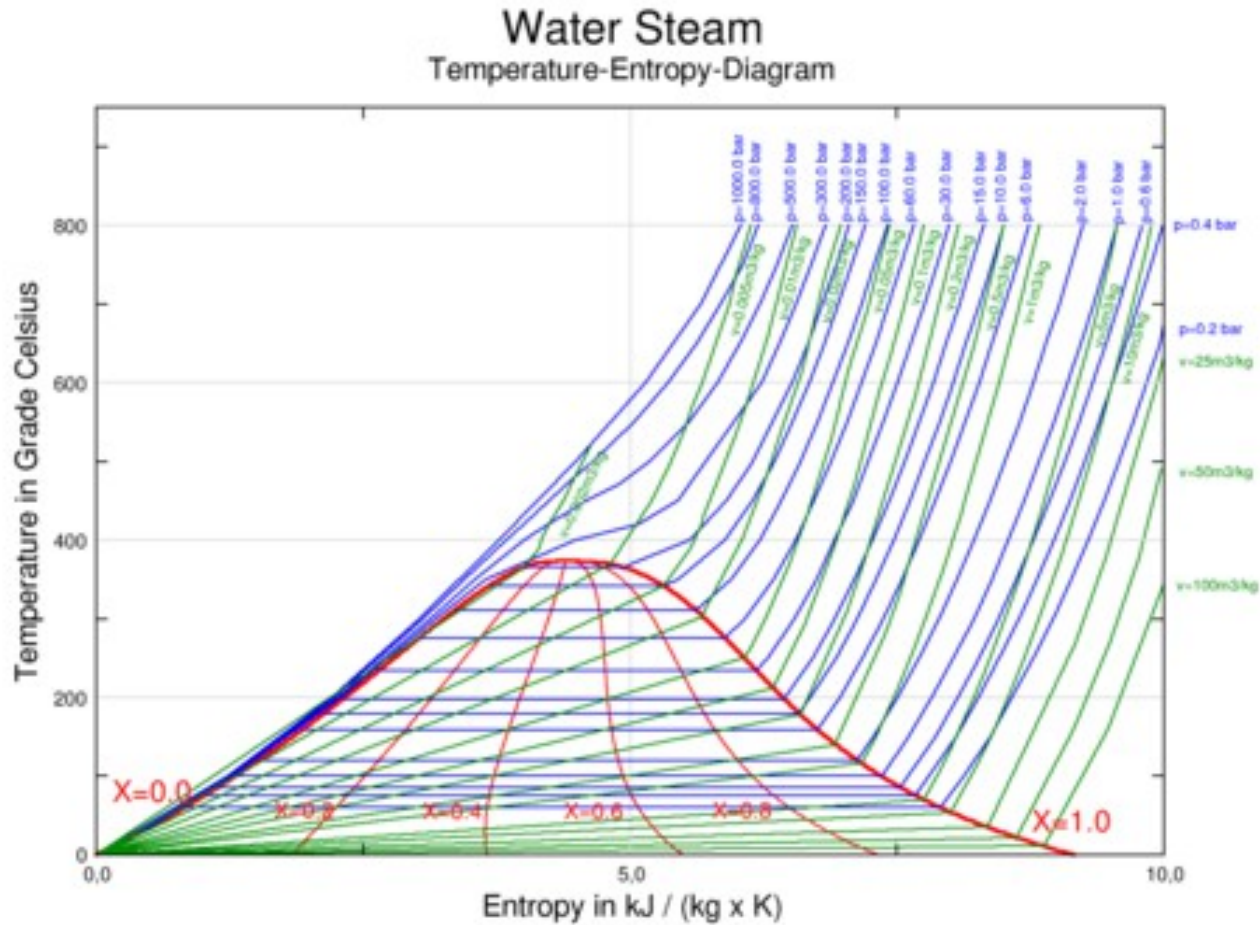


túlhevített (telítetlen) gőz

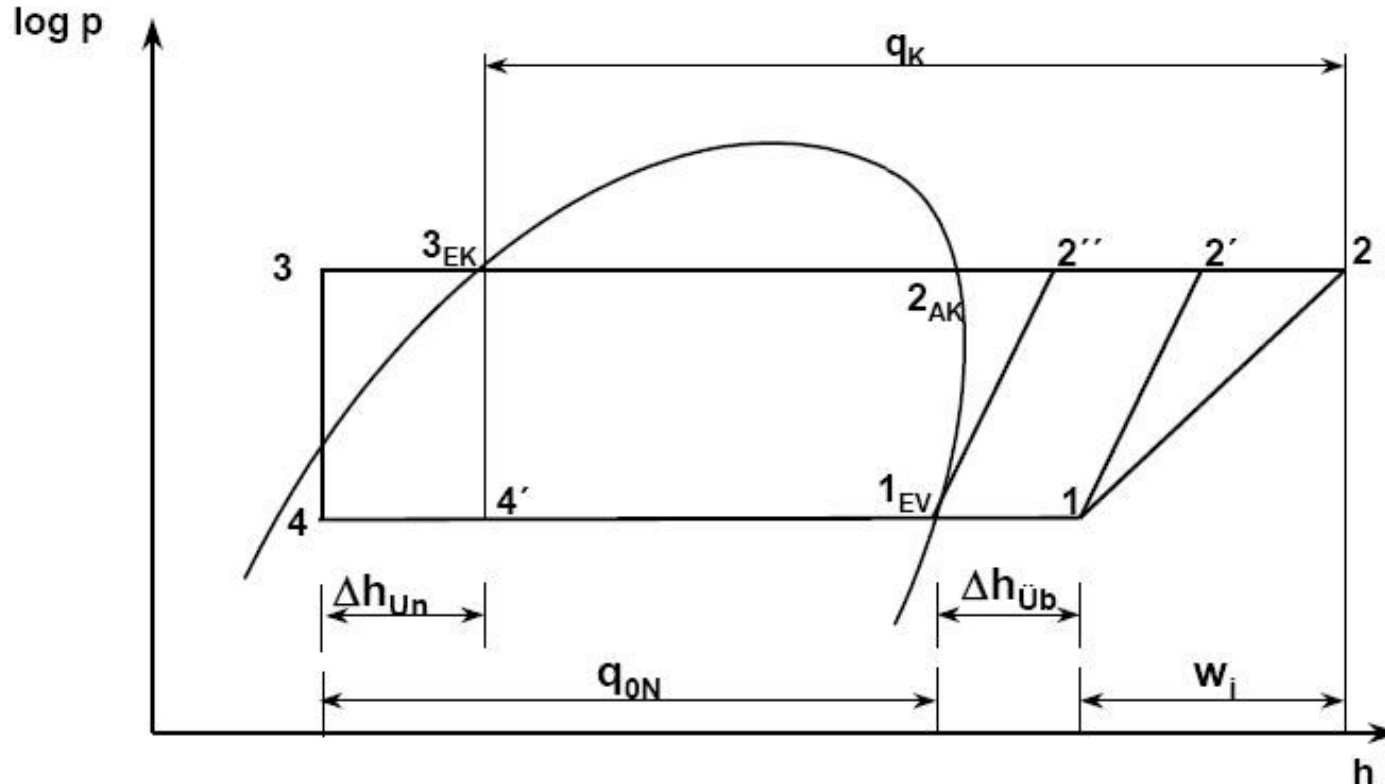
Telített gőz -30 °C -on

A kritikus hőmérséklet $+132\text{ °C}$

Diagramok a te



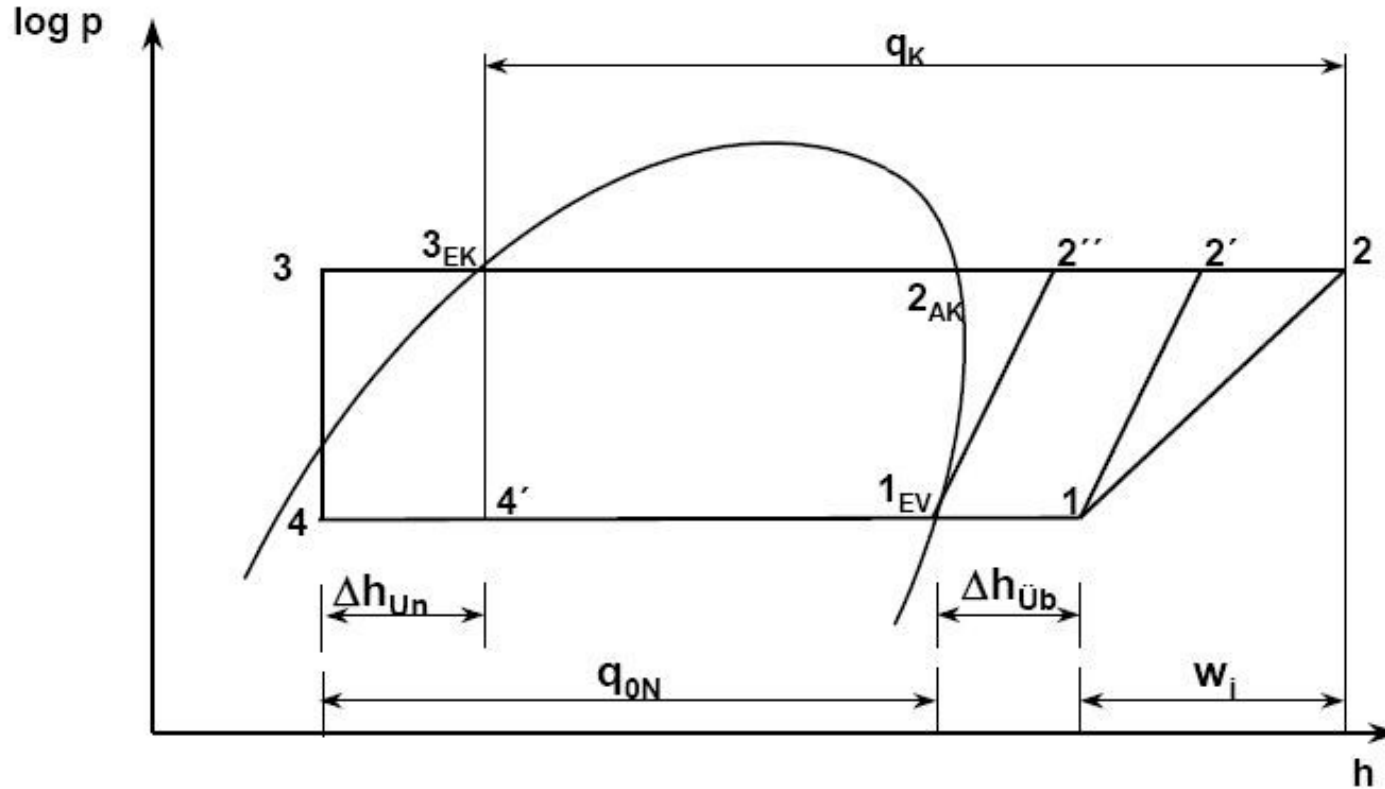
A hűtő körfolyamat mennyelősítése



Δh_u (unterkühlung) az utóhűtés teljesítménynövelő hatása

$\Delta h_{üb}$ a túlhevítés (überhitzung) teljesítménynövelő hatása (q_{0N} növekszik)

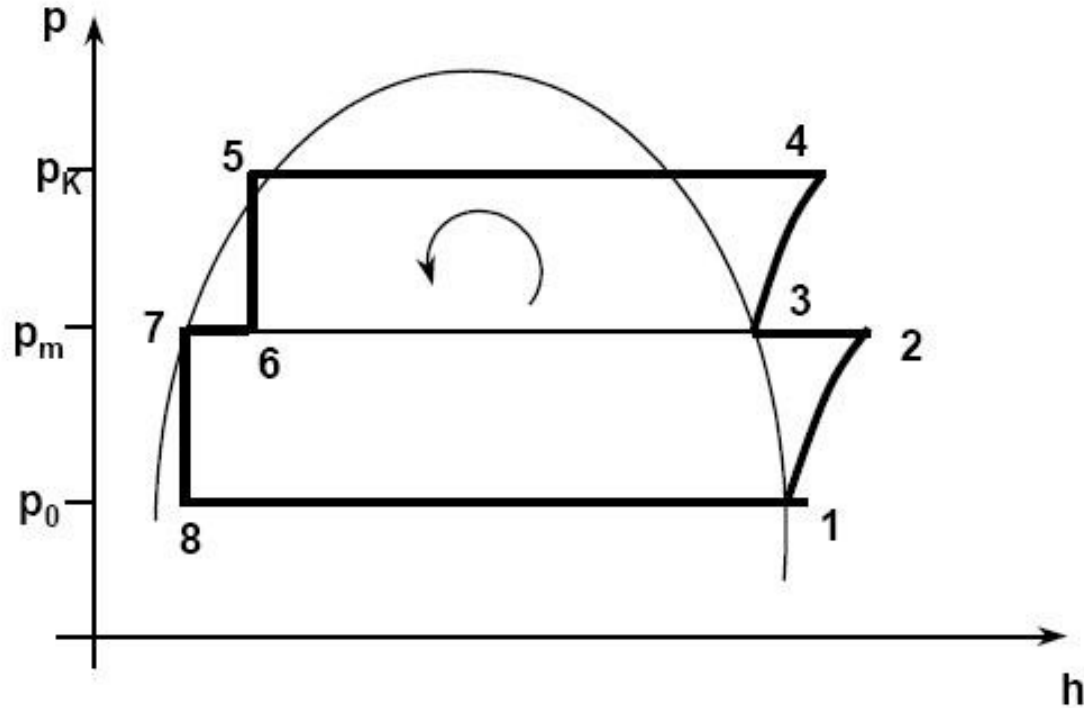
A hűtő körfolyamat megvalósítása



1_{EV} száraz kompresszorüzem

1–2 túlhevítéses kompresszorüzemnél növekszik a kompresszormunka

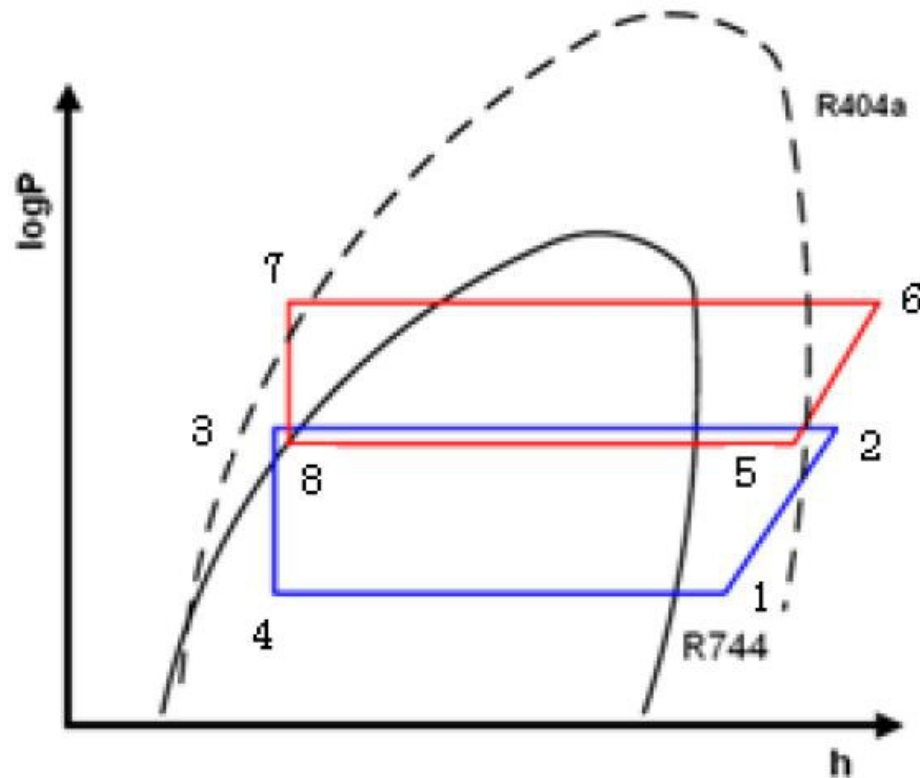
A hűtő körfolyamat megvalósítása



Fließbild einer zweistufigen Verdichter-Kältemaschine

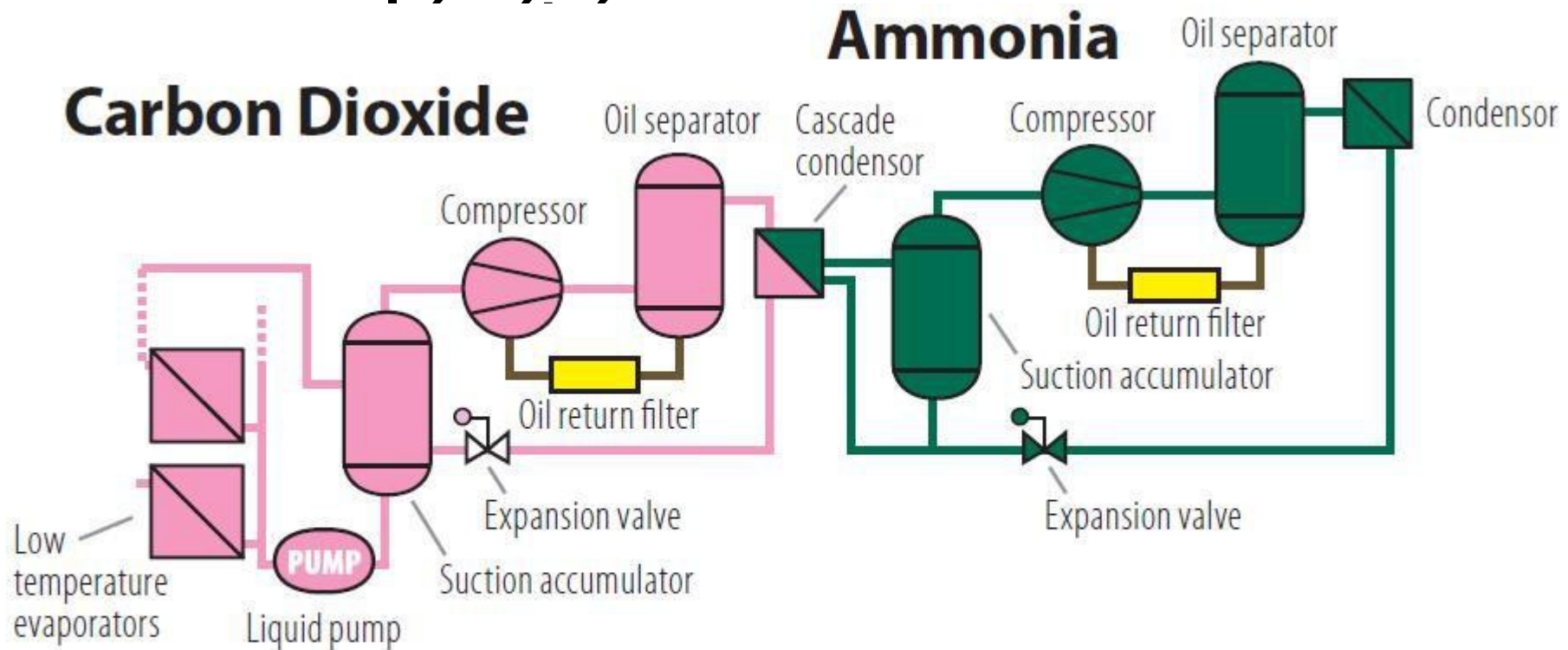
Lehetséges megoldása: a kétfokozatú kompresszorüzem

A hűtő körfolyamat meg



Lehetséges megoldása: a kétfokozatú kompresszorüzem, de az alsó és felső fokozatban eltérő hűtőközegek cirkulálnak

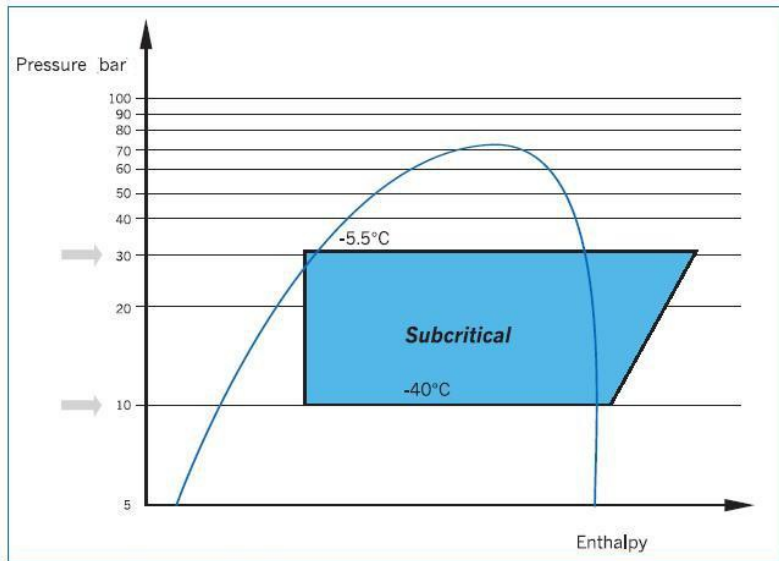
A hűtő körfolyamat



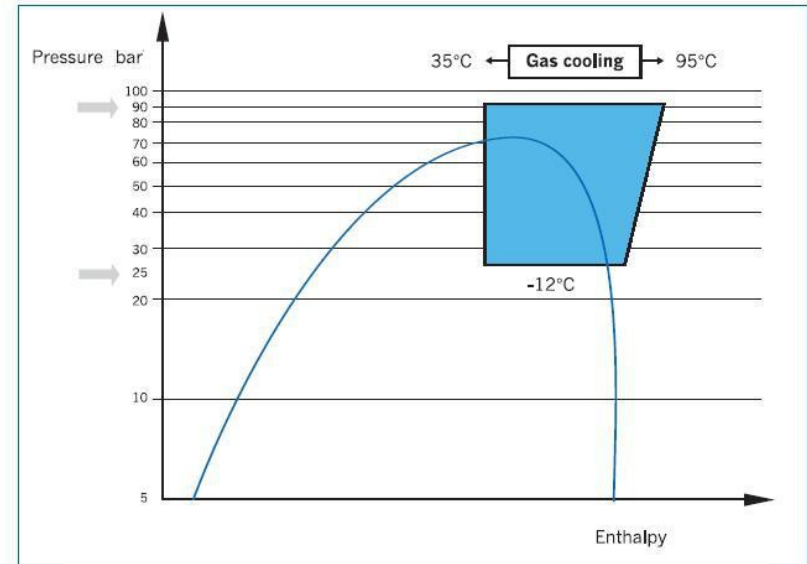
Schematic of a carbon dioxide – ammonia cascade system (courtesy of Grasso)

Kétfokozatú kompresszorüzem, az alsó és felső fokozatban eltérő hűtőközegek cirkulálnak. *Cascade condensor* = belső hőcserélő

A hűtő körfolyamat megvalósítása



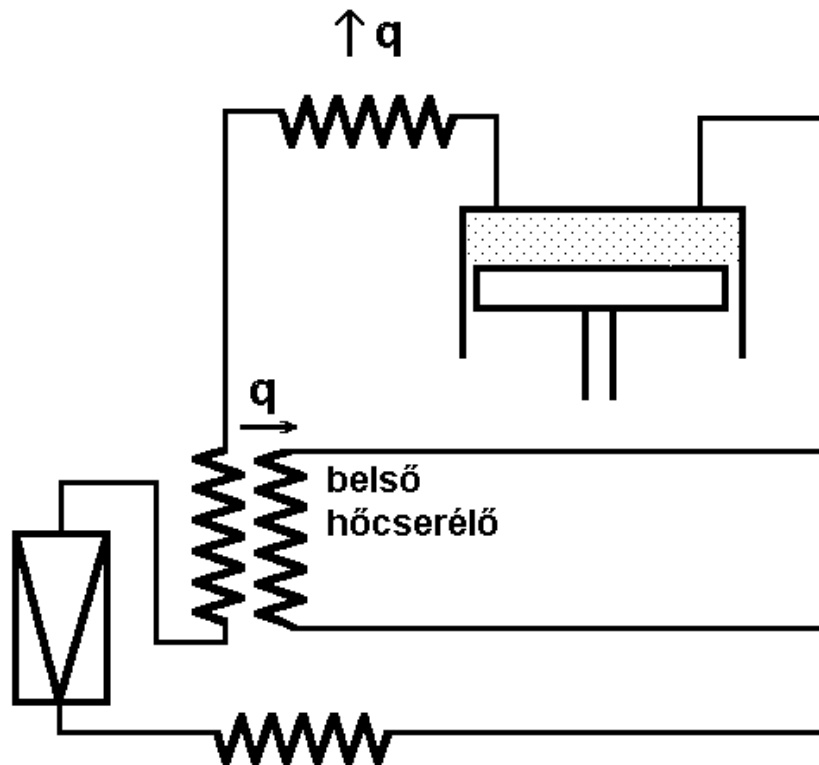
Subcritical CO₂ Refrigeration Circuit



Transcritical CO₂ Refrigeration Circuit

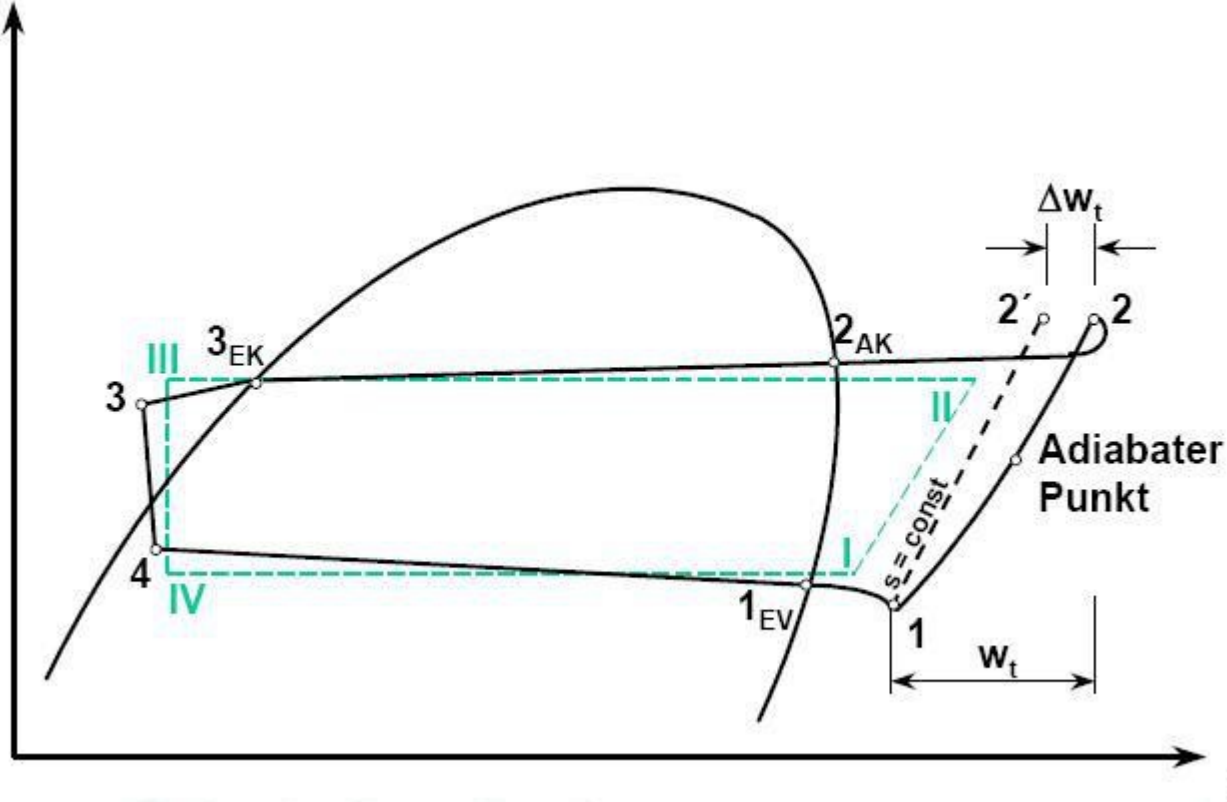
Széndioxid esetén előfordul a *transzkritikus üzem*: a körfolyamat körbejárja a kritikus pontot

A hűtő körfolyamat megvalósítása



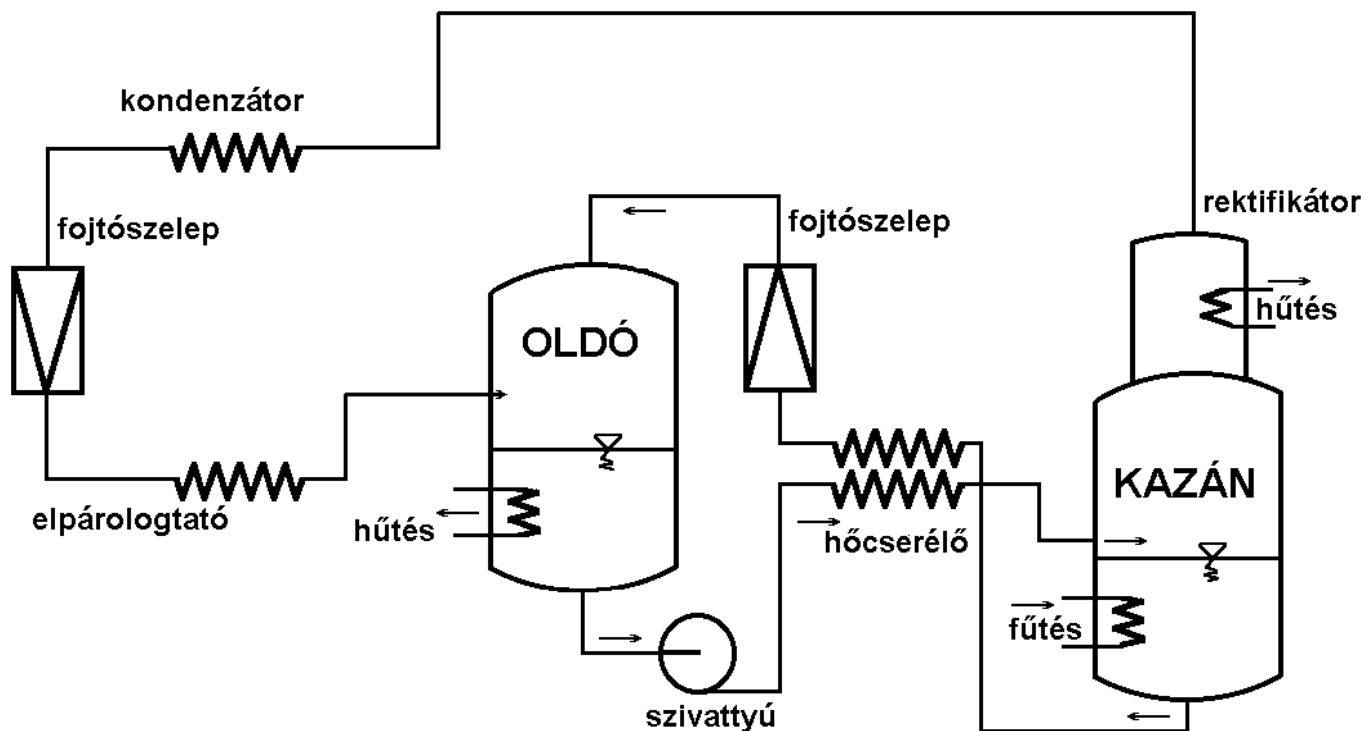
A belső hőcserélő növeli az utóhűtést is. Másik oldalán megakadályozza, hogy folyadék távozzék az elpárologtatóból a kompresszorba (megelőzi a folyadékütés hatását)

A hűtő körfolyamat megvalósítása



Eltérések az ideálistól: 1–2 fűtött adiabatikus kompresszió, 2– nyomásvesztés a nyomószelepnél, 2–3 áramlási veszteség a kondenzátorban, 3–4 valóságos (fűtött) expanzió, 4–1_{EV} áramlási veszteség az elpárologtatóban, 1_{EV}–1 nyomásvesztés a szívószelepnél

A hűtő körfolyamat megvalósítása



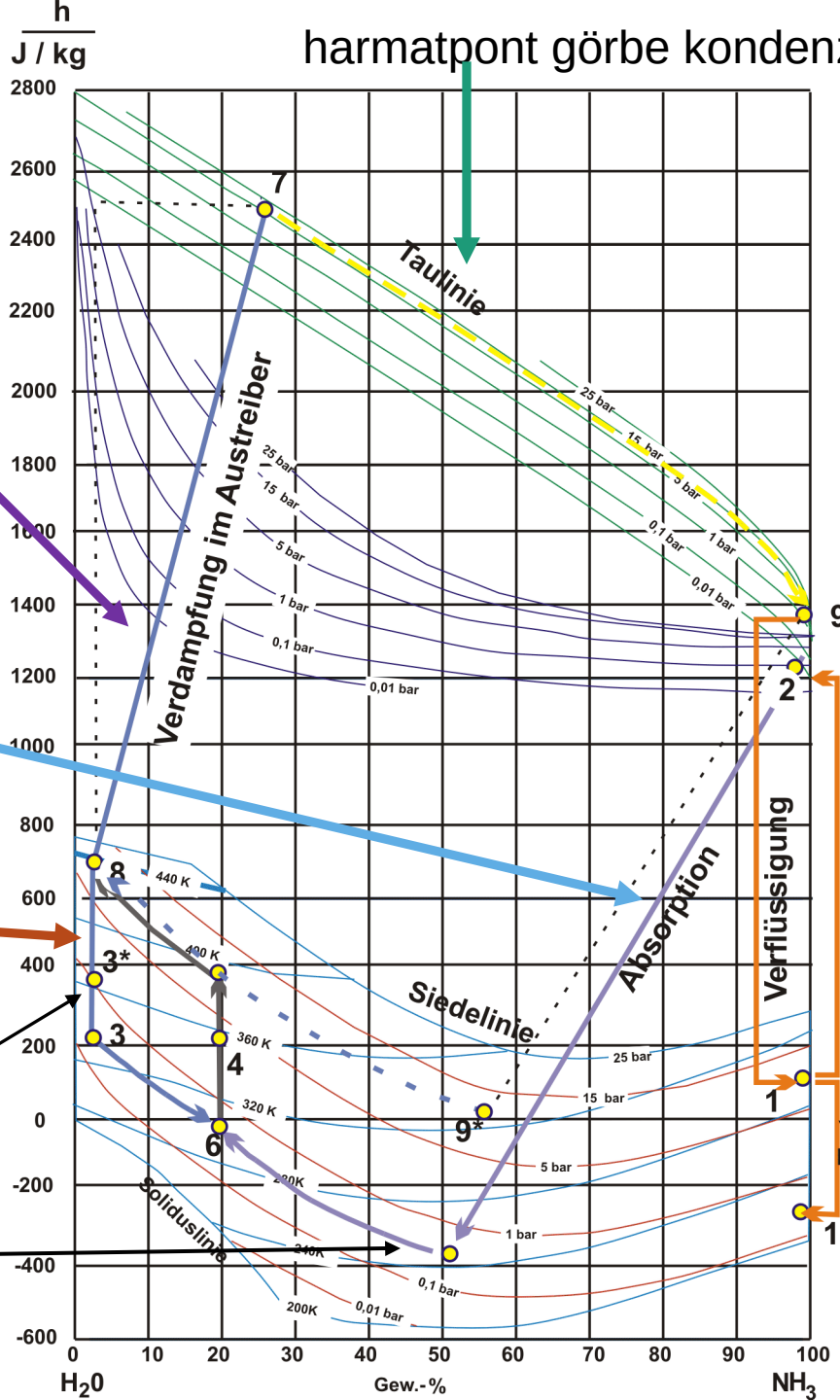
Az abszorpciós hűtő körfolyamat. Az elpárolgatóban még hidrogéngáz is kering

harmatpont görbe kondenzátor nyomáson

abszorpciós gép munkafolyamata összetétel-entalpia diagramon

a 7-es állapotú elegyből csak a gőz kerül a kondenzátorba (Taulinie 7-9)

kondenzáció 9-1, expanszió 1-2, elpárolgás 12-2; a körfolyamat hagyományos része



az oldott ammónia kiűzése 7-8 (kazán)

az ammónia abszorpciója 1-2 (oldó)

belső hőcserélős munkafolyamat

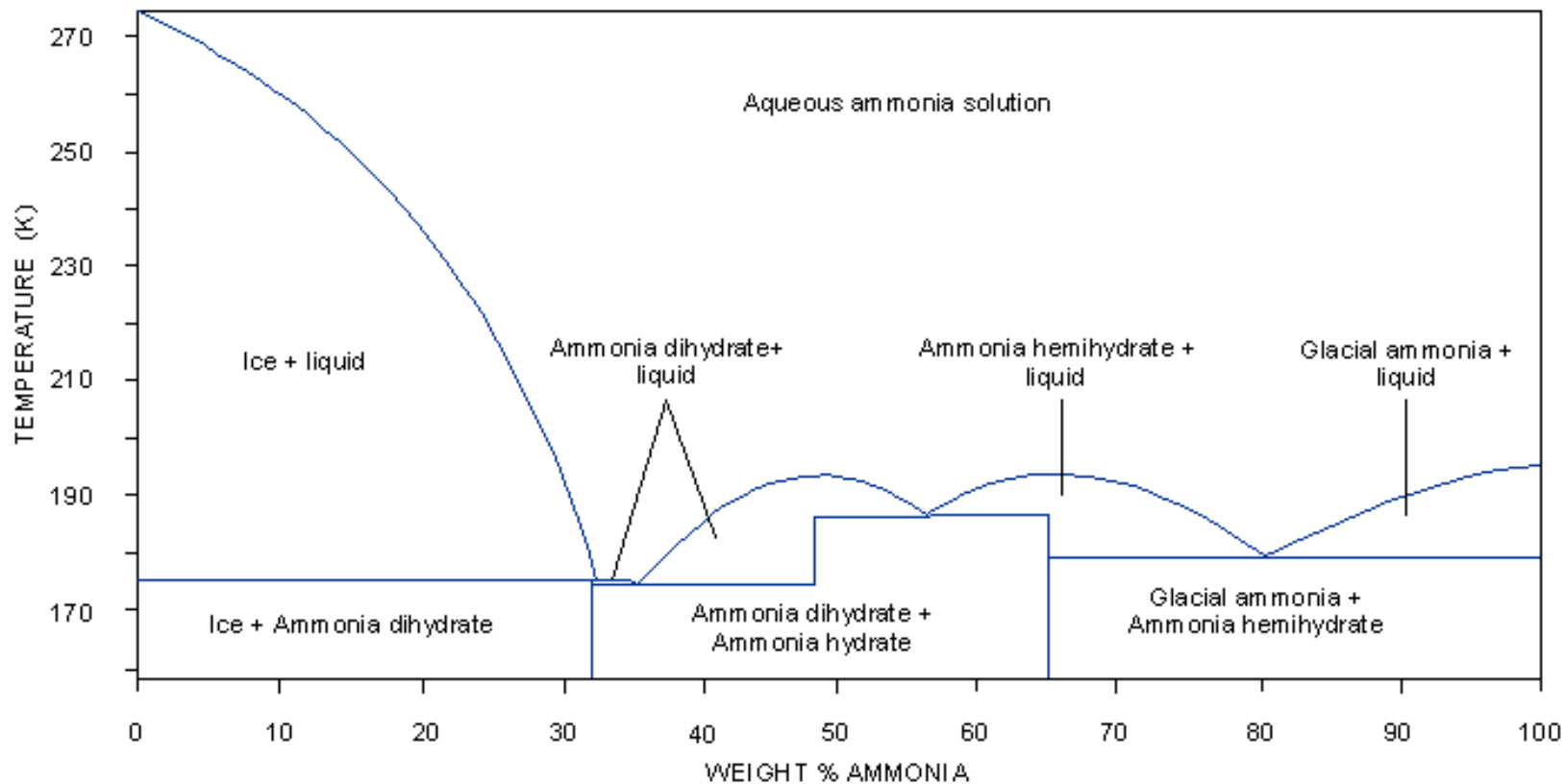
szegényoldat (kb. 3%)

gazdagoldat (kb. 50%)

14-04-22

A hűtő körfolyamat

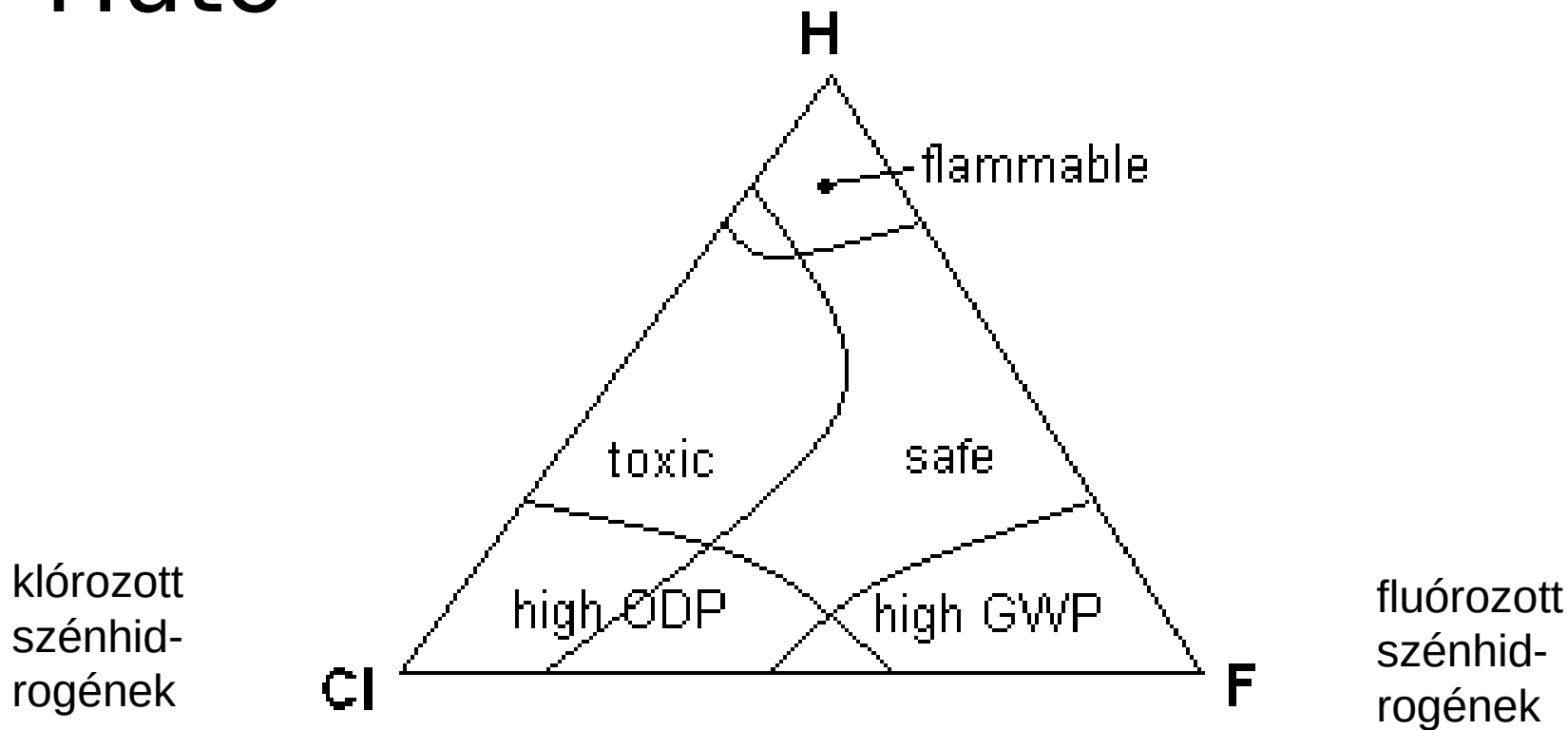
Ammonia-Water phase relations at 1 bar.



Glacial ammonia: fagyott ammónia

Hemyhidrate: két ammónia molekulához kapcsolódik egy vízmolekula

Hűtőközegek



Ozone Depletion Potential

Global Warming Potential

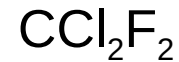
flammable = gyúlékony, toxic = mérgező, safe = biztonságos

Hűtőközegek

Corporation	Trade name
Imperial Chemicals	Arcton
Daikin Industries	Daiflon
?	Eskimon
Elf Atochem	Forane
DuPont	Freon
Hoechst	Frigen
Allied Signal	Genetron
ASP International	Halon
Rhone-Poulenc	Isceon
Pennsylvania Salt	Isotron
Jefferson Chemical	Jeffcool
Joh. A. Benckiser	Kaltron
Union Carbide	Ucon

Hűtőközegek

CFC Chlorofluorocarbon



HCFC Hydrochlorofluorocarbon CHClF_2

HFC Hydrofluorocarbon



PFC Perfluorocarbon



ASHRAE

American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers

Amerikai fűtési, hűtési és légkondicionálási társaság

R = refrigerant, például a fentiek: R12, R22, R23, R116

Ha bróm is van benne: $\text{CH}_3\text{Br} = \text{R40B1}$, $\text{CF}_2\text{ClBr} = \text{R12B1}$

Hűtőközegek

ASHRAE

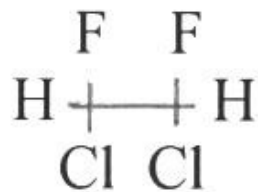
American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers

Amerikai fűtési, hűtési és légkondicionálási társaság

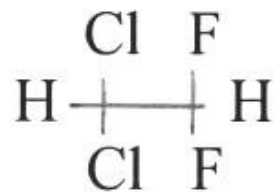
R = refrigerant, például a fentiek: R12, R22, R23, R116

Ha bróm is van benne: $\text{CH}_3\text{Br} = \text{R40B1}$, $\text{CF}_2\text{ClBr} = \text{R12B1}$

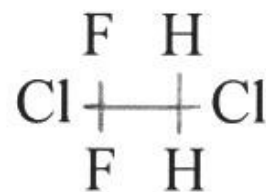
A kisbetűk az izomereket jelentik. a, b, c, d, stb.



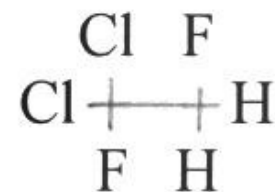
R132



R132a

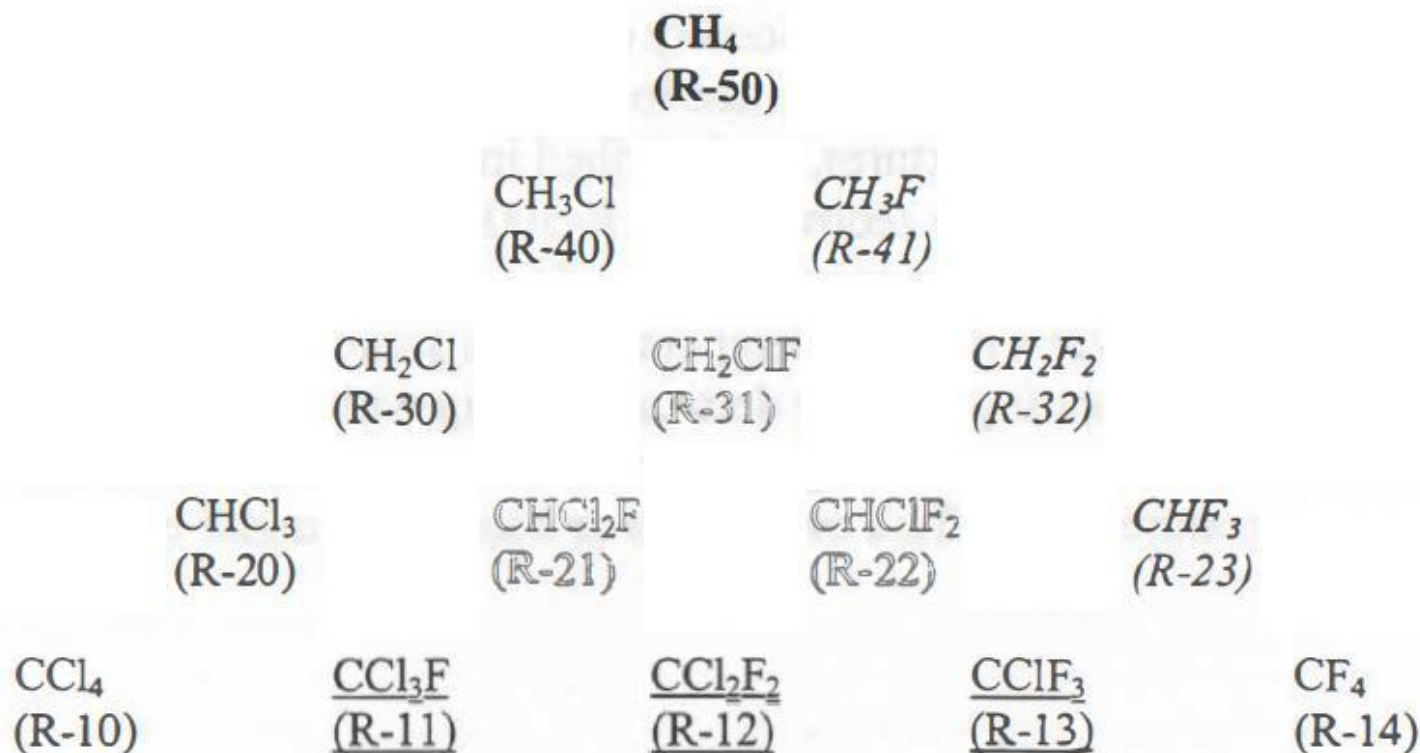


R132b



R132c

Hűtőközegek



Chlorofluorocarbon compounds derived from methane (CH_4)

Hűtőközegek

						C_2H_6 (R-170)
			C_2H_5Cl (R-160)	C_2H_5F (R-161)		
		$C_2H_4Cl_2$ (R-150)	C_2H_4ClF (R-151)	$C_2H_4F_2$ (R-152)		
	$C_2H_3Cl_3$ (R-140)	$C_2H_3Cl_2F$ (R-141)	$C_2H_3ClF_2$ (R-142)	$C_2H_3F_3$ (R-143)		
	$C_2H_2Cl_4$ (R-130)	$C_2H_2Cl_3F$ (R-131)	$C_2H_2Cl_2F_2$ (R-132)	$C_2H_2ClF_3$ (R-133)	$C_2H_2F_4$ (R-134)	
C_2HCl_5 (R-120)	C_2HCl_4F (R-121)	$C_2HCl_3F_2$ (R-122)	$C_2HCl_2F_3$ (R-123)	C_2HClF_4 (R-124)	C_2HF_5 (R-125)	
C_2Cl_6 (R-110)	<u>C_2Cl_5F</u> (R-111)	<u>$C_2Cl_4F_2$</u> (R-112)	<u>$C_2Cl_3F_3$</u> (R-113)	<u>$C_2Cl_2F_4$</u> (R-114)	<u>C_2ClF_5</u> (R-115)	CF_6 (R-116)

Chlorofluorocarbon compounds derived from ethane (C_2H_6)

Hűtőközegek

Chlorotrifluoromethane	R13	-81,0	CClF3
carbon-dioxide	R744	-57,0	CO2
Chlorodifluoromethane	R22	-40,8	CHClF2
1-Chloro-1,1,2,2,2-pentafluoroethane	R115	-38,0	ClF2C-CF3
Ammonia	R717	-33,3	NH3
Dichlorodifluoromethane	R12	-29,8	CCl2F2
2-Chloro-1,1,1,2-tetrafluoroethane	R124	-12,0	CHFC1CF3
sulfur-dioxide	R764	-10,0	SO2
1-Chloro-1,1-difluoroethane	R142b	-9,2	ClF2C-CH3
Bromochlorodifluoromethane	R12B1	3,7	CBrClF2
1,2-Dichloro-1,1,2,2-tetrafluoroethane	R114	3,8	ClF2C-CClF2
Dichlorofluoromethane	R21	8,9	CHCl2F
Chlorofluoromethane	R31	9,1	CH2ClF
Dibromodifluoromethane	R12B2	22,8	CBr2F2
Trichlorofluoromethane	R11	23,0	CCl3F
Chloromethane	R40	24,2	CH3Cl
1,1-Dichloro-1-fluoroethane	R141b	32,0	Cl2FC-CH3
Dichloromethane	R30	39,6	CH2Cl2

Magasnyomású

Középnomású

Alacsony nyomású

Hűtőközegek

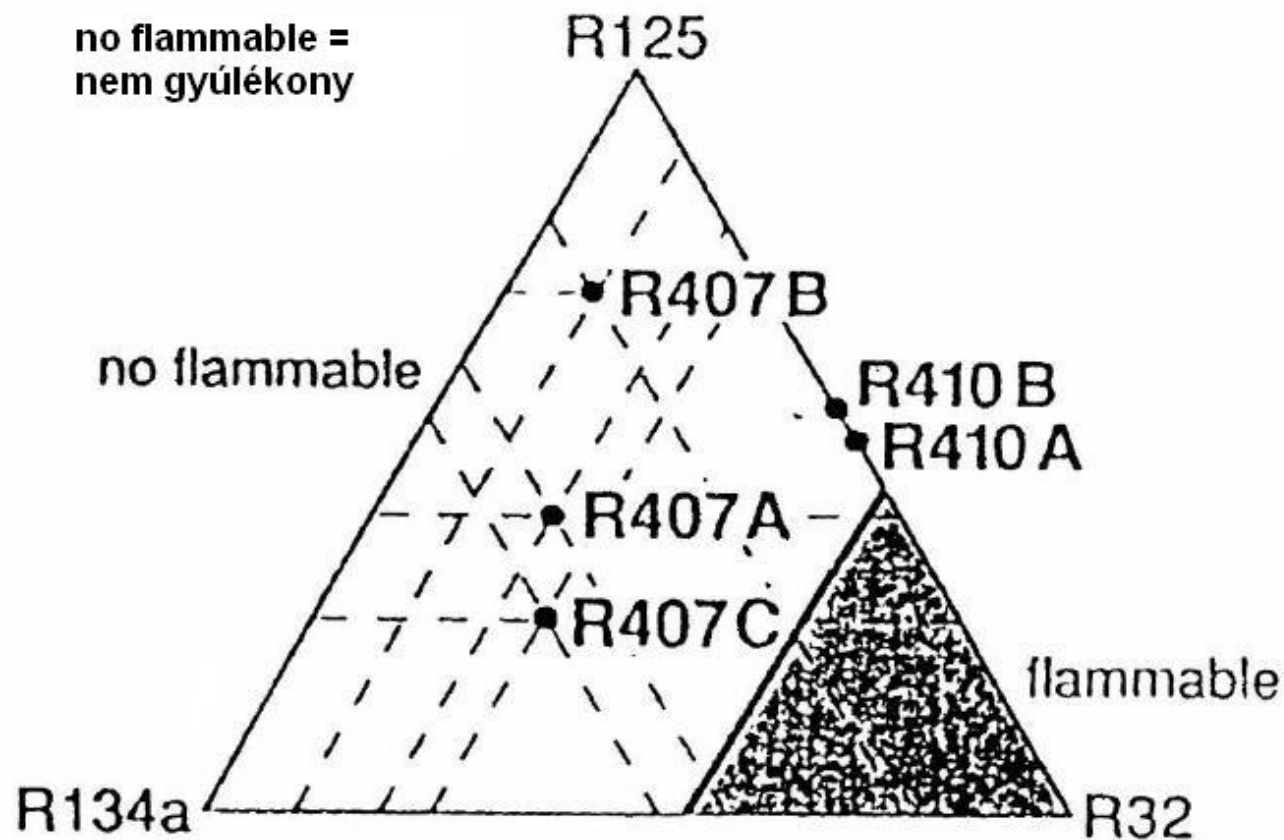
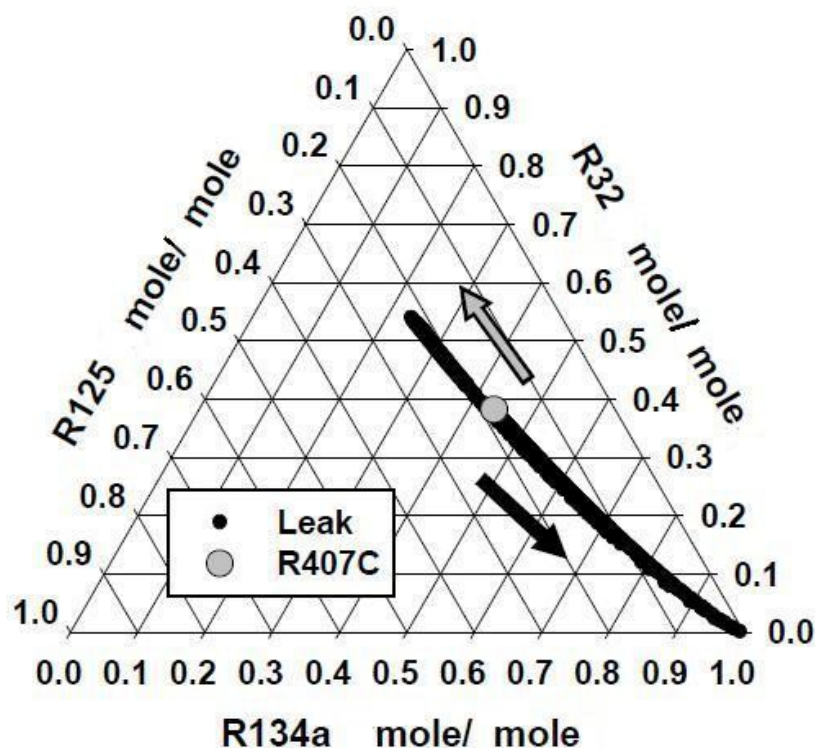


Figure 2-1 Various mixture combinations of the Chlorine free R125-R32-R134a

Hűtőközegek



leak = egyre könnyebben párolgó elegyek

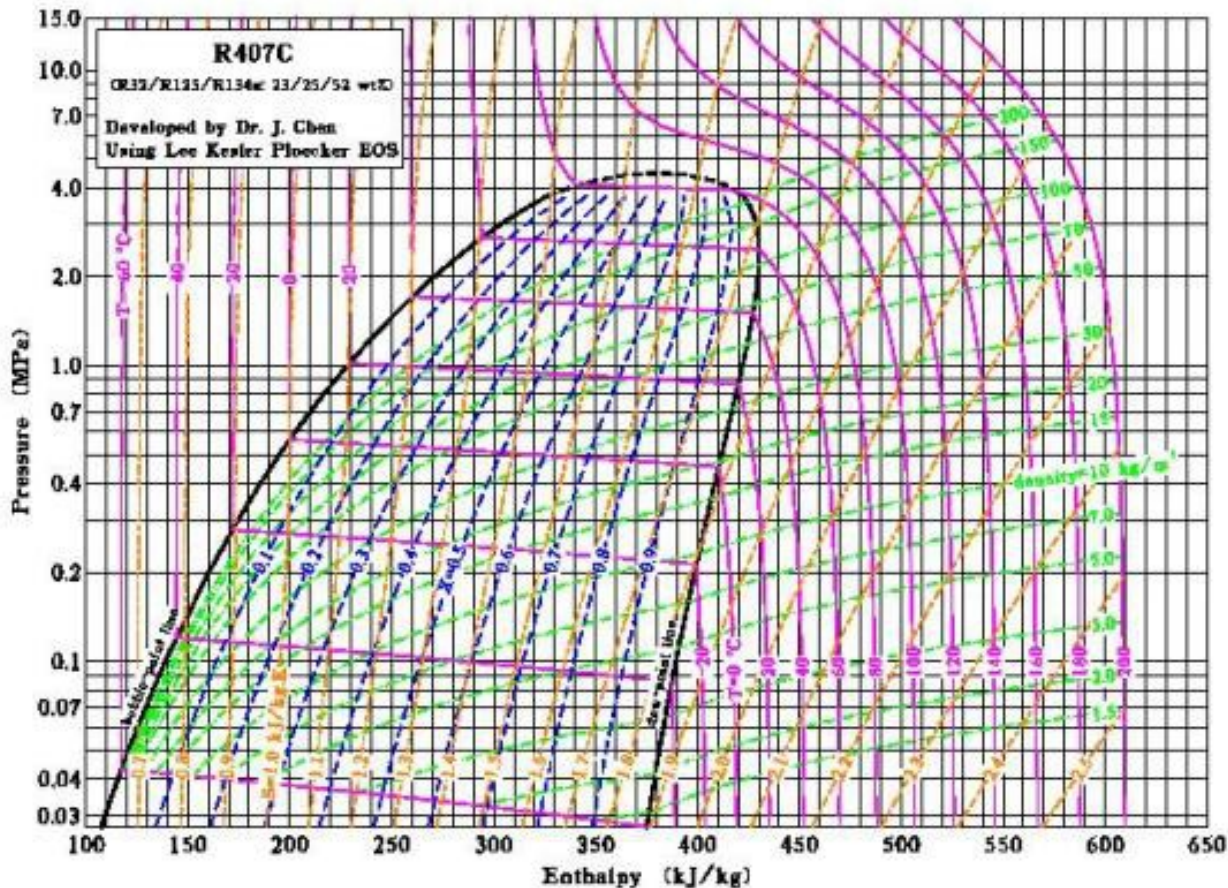
R400-tól zeotrop elegyek: izobár forrásnál növekszik a hőmérséklet

R407C klímaberendezések számára (alacsony nyomású hűtőközeg)

glide = hőmérséklet elcsúszás

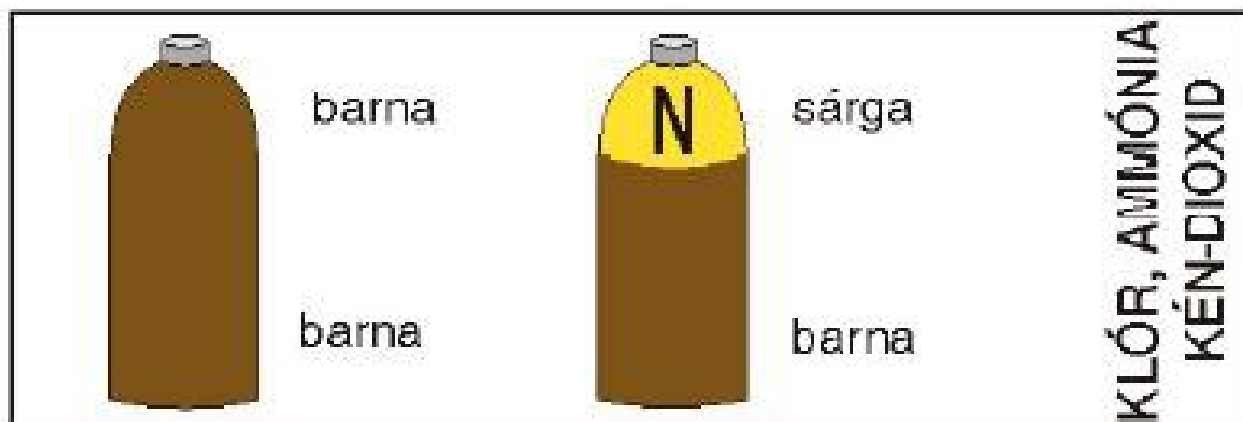
R500-tól azeotrop elegyek: az izobár forrásnál állandó a hőmérséklet R508b klímaberendezések számára (alacsony nyomású hűtőközeg)

Hűtőközegek




Az izotermák lila színűek. Jól látható, hogy az R407C forráspontja kb. 7 °C-kal csökken párolgás közben. Kritikus pontja 86,2 °C

Hűtőközegek



Hűtőközegek

A színjelölés általános alapszabálya

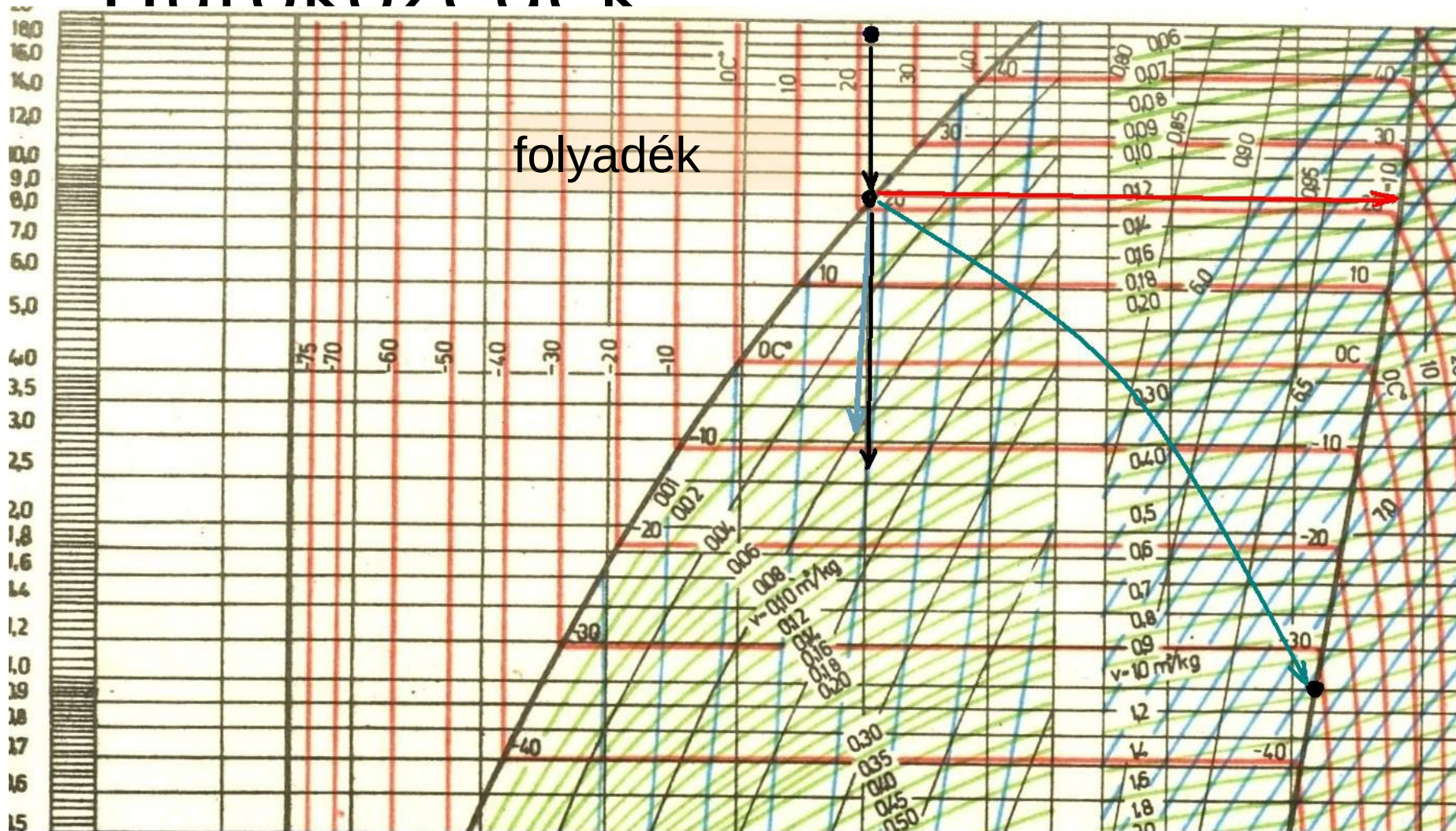
Tulajdonságok (elsődleges veszélytényezők)	Palackváll színe	Példák
Mérgező és/vagy korrodáló (1)	sárga (RAL 1018) 	Ammónia, klór, arzin, fluor, szén-monoxid, nitrogén- monoxid, kén-dioxid
Éghető (gyúlékony) (2)	vörös (RAL 3000) 	Hidrogén, metán, etilén, formálógáz (nitrogén/hidrogén keve- rék)
Oxidáló (3)	világoskék (RAL 5012) 	Oxigén és/vagy dinitrogén- oxid tartalmú keverékek
Semleges	élénkzöld (RAL 6018) 	Kripton, xenon, neon, hegesztési védőgáz-keve- rékek, sűrített/szintetikus levegő (nem orvosi)

1) A mérgező/nem mérgező és korrodáló/nem korrodáló tulajdonságú gázok besorolása az ADR/RID szerint. A „korrodáló” ebben az esetben az emberi szervezetre, szövetekre veszélyes maró hatást jelent.

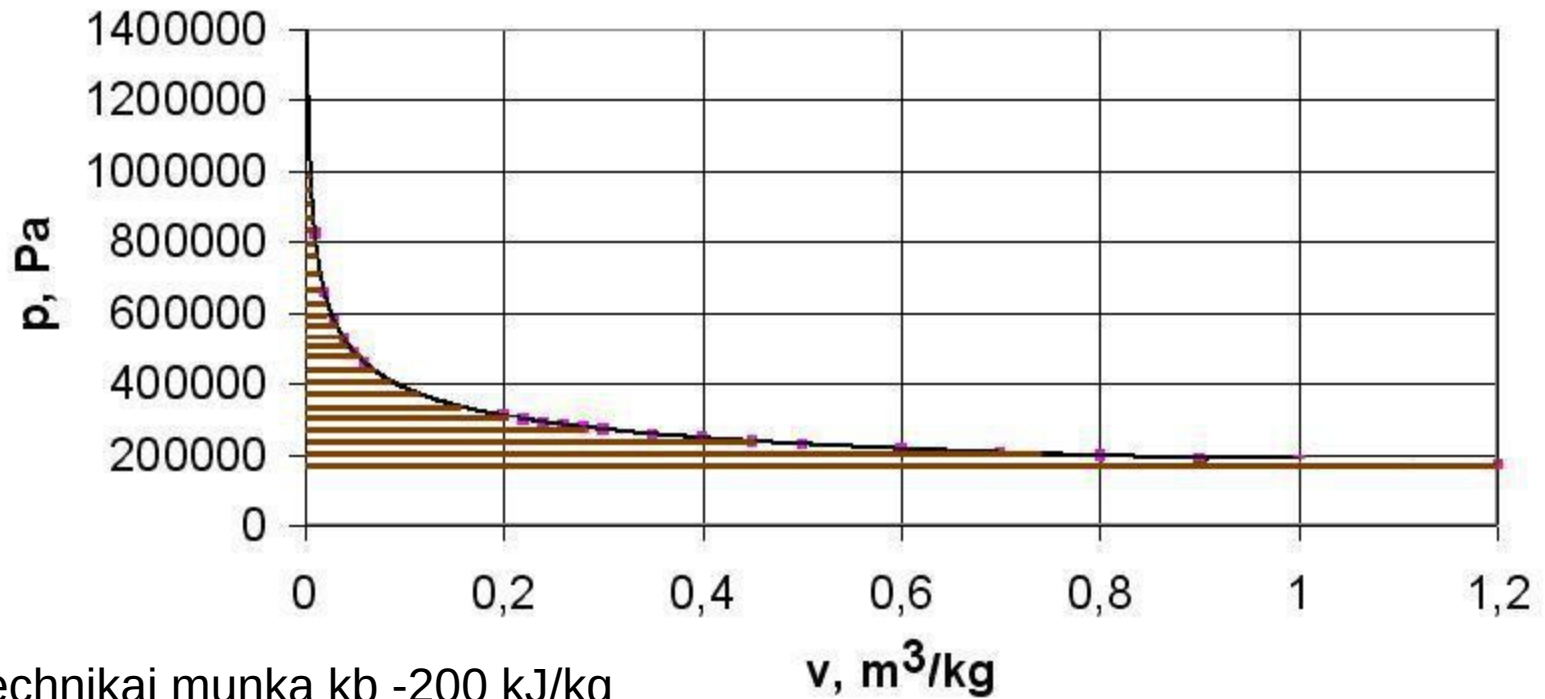
2) Az éghető/nem éghető tulajdonságú gázok besorolása az ADR/RID szerint.

3) Az oxidáló /nem oxidáló tulajdonságú gázok besorolása az ADR/RID szerint.

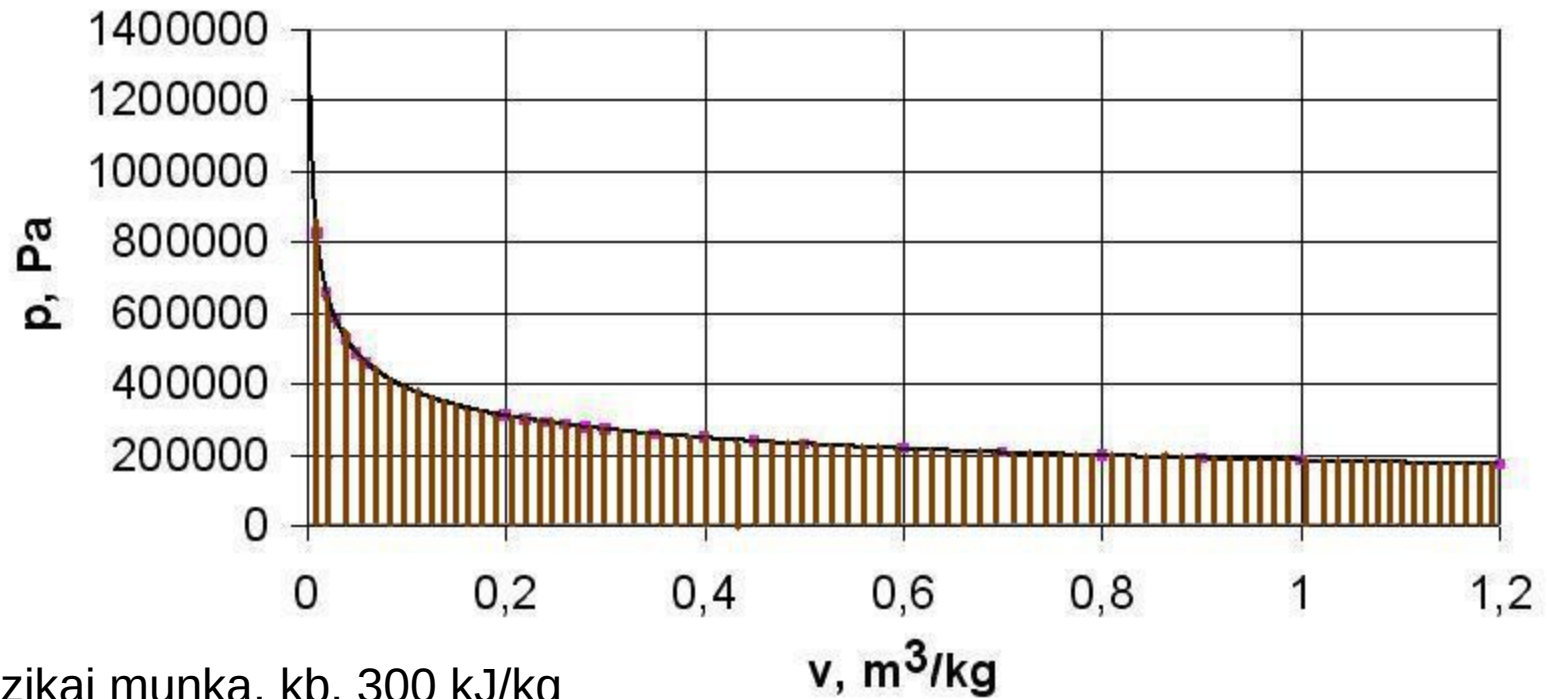
Hűtőközegek



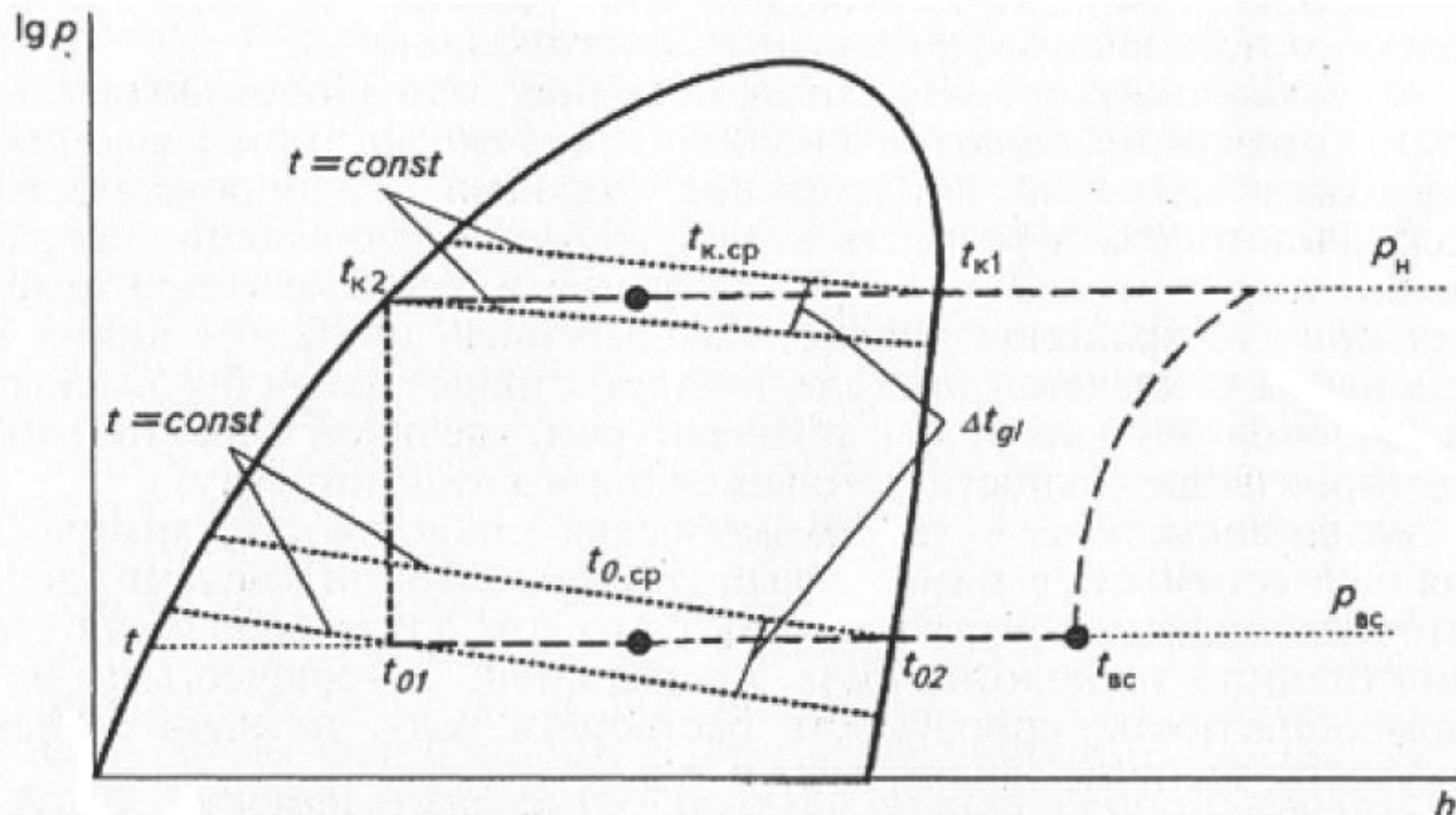
Ammónia lefűvatása



Ammónia lefűvatása



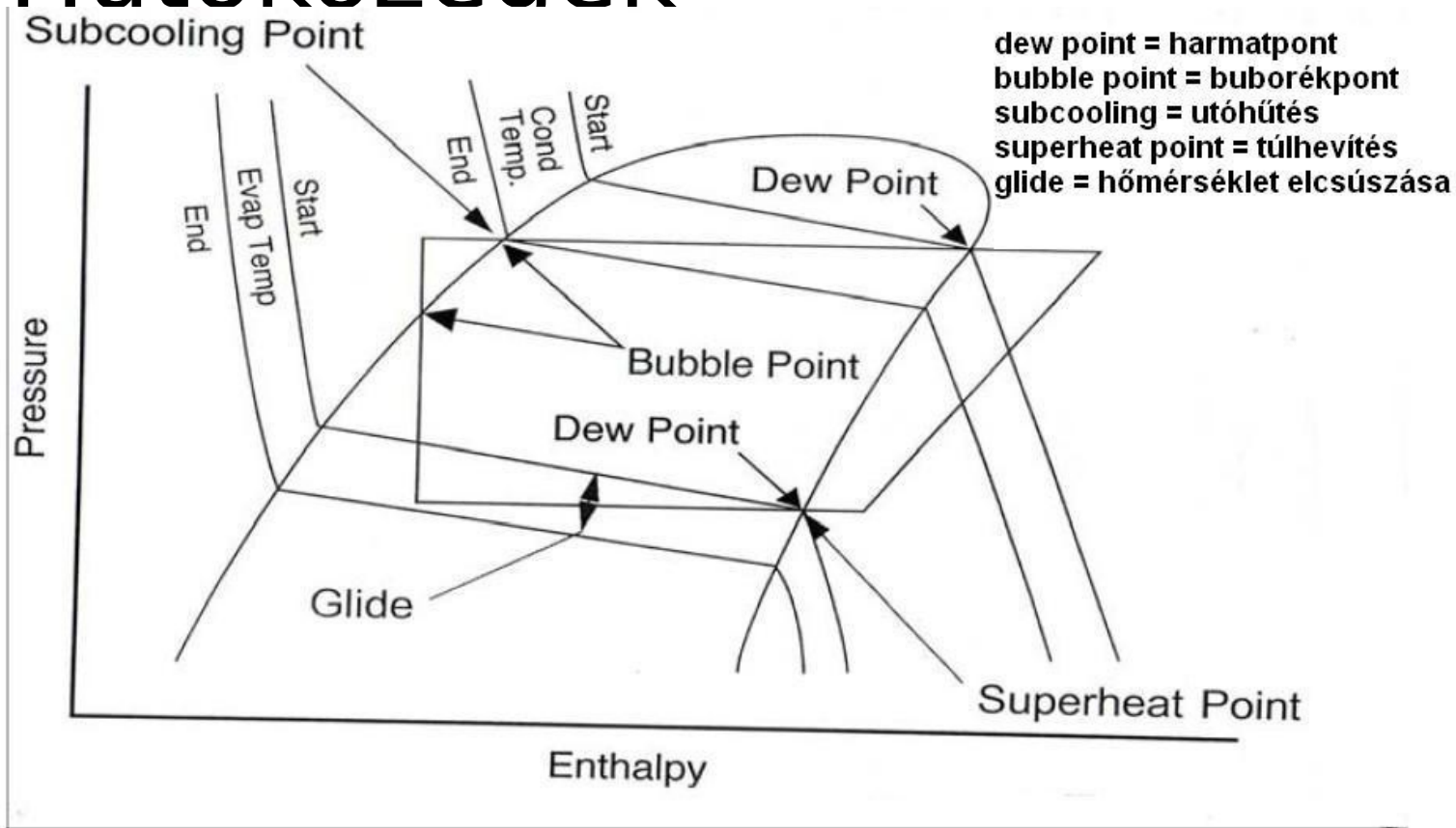
Hűtőközegek



Zeotropic blend vapor compression cycle using non-isothermal phase change

Δt_{gl} forrási hőmérséklet elcsúszása (kondenzációnál és elpárologtatásnál is)

Hűtőközelek



Graph illustration of a vapor compression cycle using zeotropic blend with specific composition

Hűtő körfolyamatok

vége

