

HŐKÖZLÉS

hőátadás, hőátvitel, hőcsere

*Pécsi Tudományegyetem
Gyógyszertechnológiai Intézet*



Hőközlés

● A hő

minden olyan energiaváltozás ami nem fordítódik munkára termodinamikai rendszerek kölcsönhatása során.



Hőközlés

- A hő szorosan összefonódik a *termodinamika főtételeivel*
 - A termodinamika első főtétele kimondja, hogy egy rendszer belső energiájának a változása egyenlő az általa felvett és leadott azaz közölt hő és a rajta és általa végzett munka összegével.

$$dU = \delta Q + \delta W$$

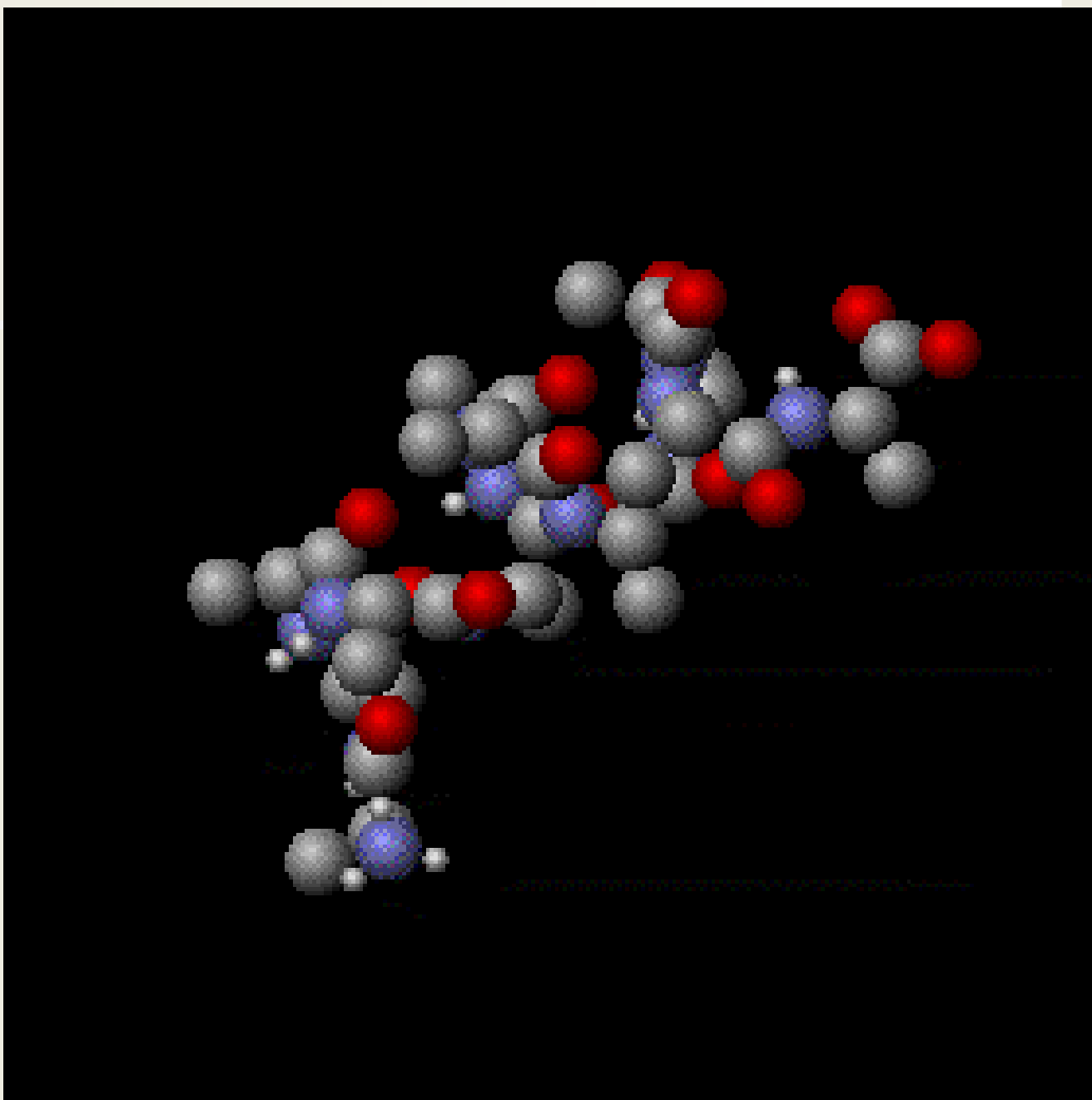
- A termodinamika második főtételét Nincs olyan folyamat, amely eredményeképpen a hő az alacsonyabb hőmérsékletű rendszer felől a magasabb hőmérsékletű felé adódik át.

A hőátadás hajtóereje a **hőmérséklet különbség**



Hőközlés

■ Mi a hőmérséklet?



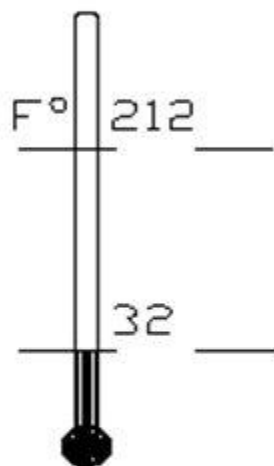
- By en:User:Greg L - http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Thermally_Agitated_Molecule.gif, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1615355>

Hőmérséklet

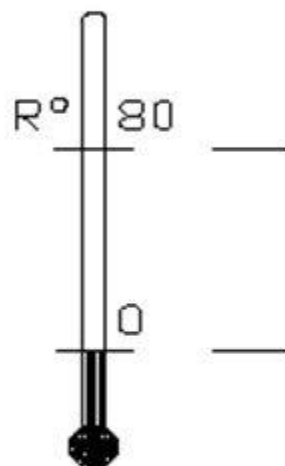
- A hőmérséklet egy intenzív állapotjelző, egyszerre jellemzi az anyag mikroszkopikus és makroszkopikus állapotát.
- Mikroszkopikusan nézve egyenesen arányos a test hőmérséklete az őt felépítő részecskék átlagos mozgási energiájával.
- Makroszkopikus nagyságrendben egy érezhető dolog, de mérhető is, hőmérőt készíthetünk hőtágulás alapján (bimetallból vagy folyadékból) vagy akár elektromos ellenállás alapján.

Négy hőmérsékleti skála

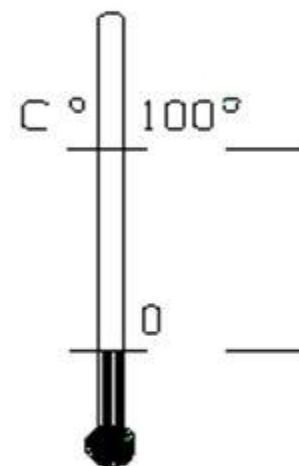
FAHRENHEIT REAUMUR



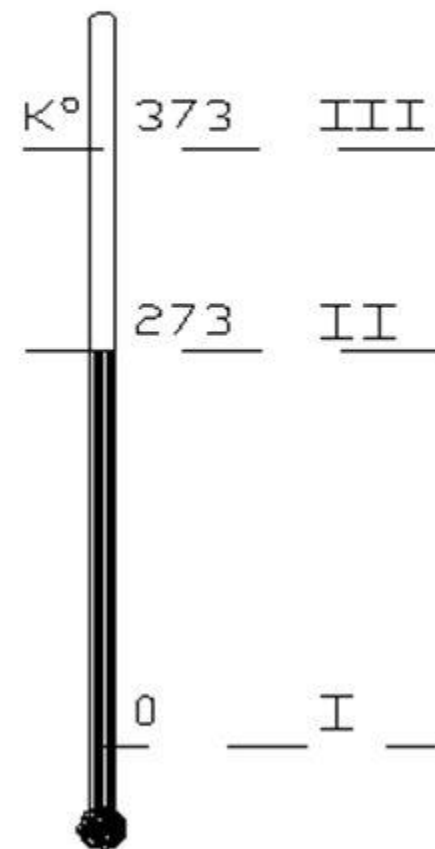
CELSIUS



CELSIUS



KELVIN



A hőátvitel három alapvető mechanizmusa

- hővezetés (kondukció)
- hőáramlás (konvekció)
- sugárzás (radiáció)

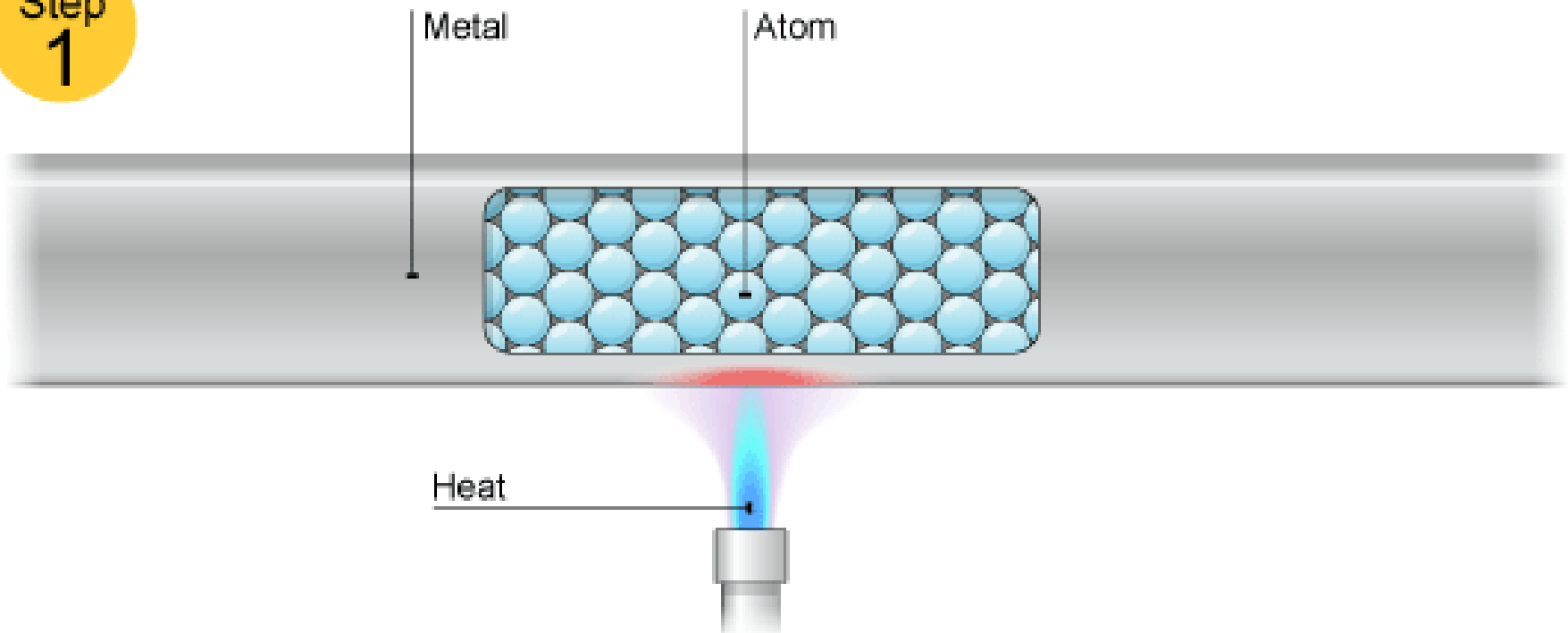
Hőátvitel formái

● Hővezetés (kondukción)

- a nagyobb hőmérsékletű, vagyis nagyobb, kinetikai energiával rendelkező molekulák energiájuk egy részét átadják a szomszédos, kisebb energiával rendelkező molekulának és ezáltal egyfelől azok hőmérséklete is növekszik, másfelől a hővezetés folyamata létrejön
- Az anyagban az elemi részecskék nem mozdulnak el

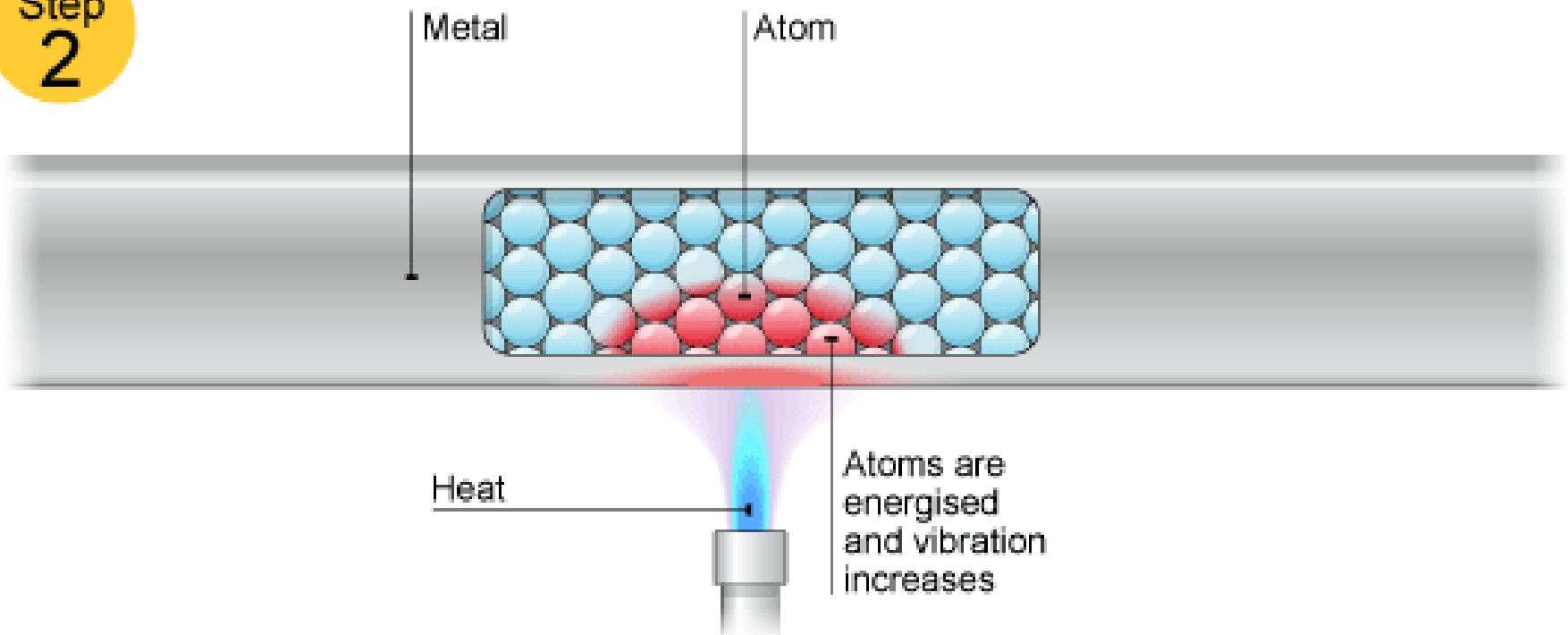
● Hővezetés (kondukción)

Step
1



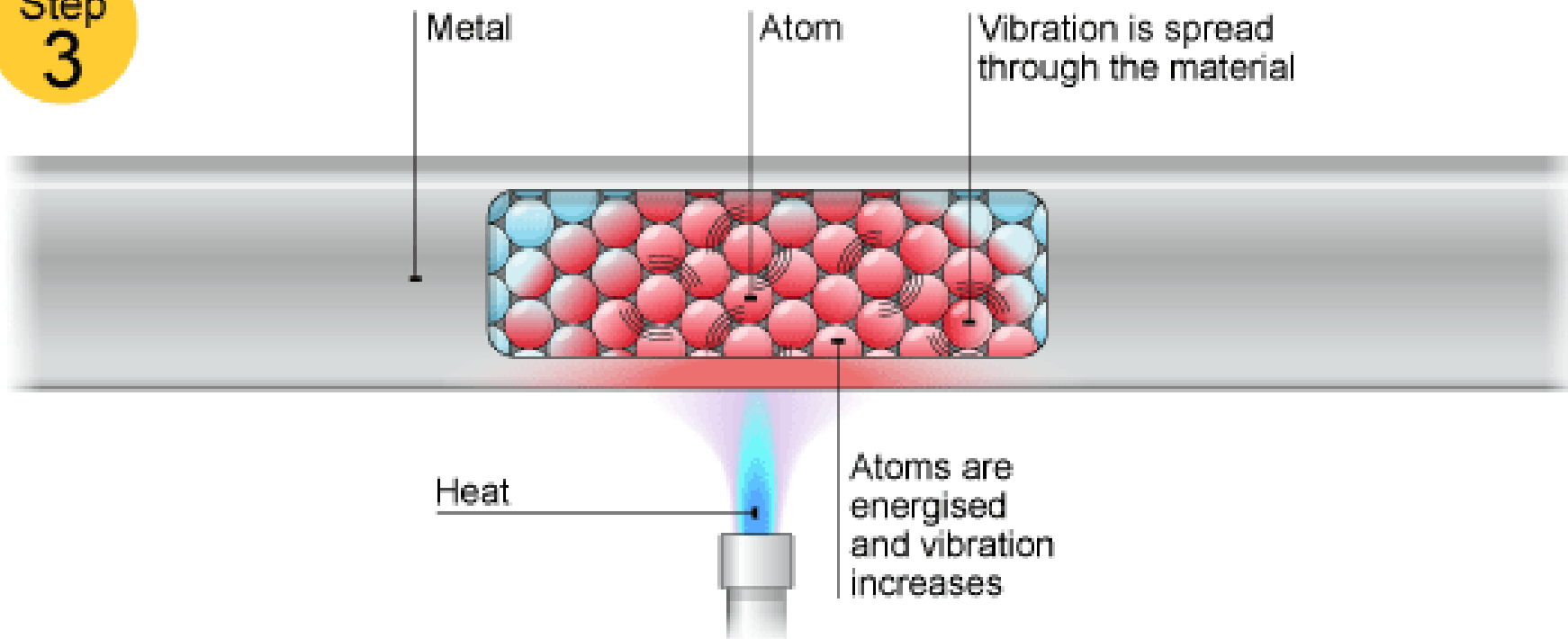
● Hővezetés (kondukción)

Step
2



Hővezetés (kondukción)

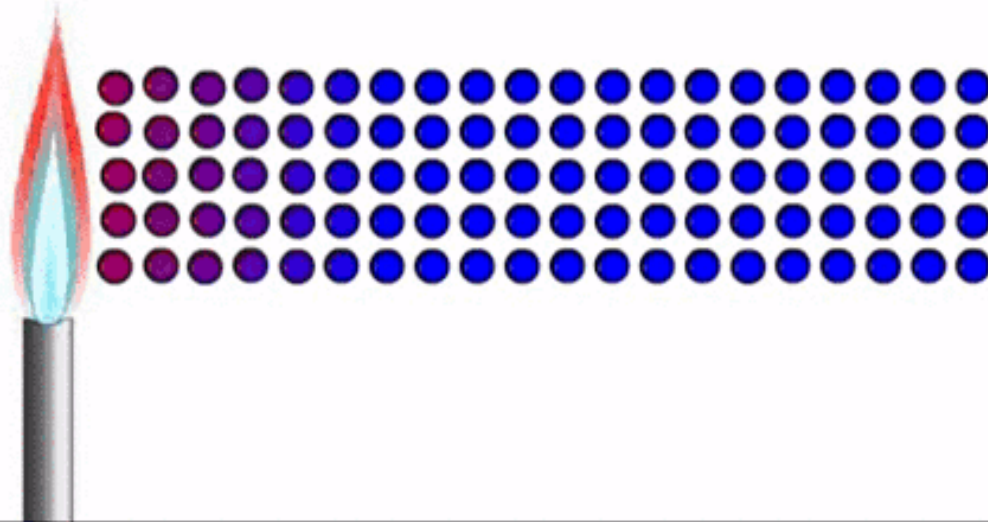
Step
3



Hőátvitel formái

● Hővezetés (kondukción)

Conduction of Heat



Hőátvitel formái

● Hővezetés (kondukción)

- jellemzők:

- a hőátvitel anyagon belül történik

- test részecskéinek helye nem változik

- a test egymással érintkező részei adják át egymásnak a hőt

- elsősorban szilárd anyagok hőátvitelére jellemző, előfordul nyugvó folyadékoknál és gázoknál is

Hőátvitel formái

● Hővezetés

A hővezetés alaptörvénye Fourier I. törvénye.

Ennek értelmében a hőáram(Q) arányos a hőáram irányára merőleges felülettel (F), a hővezetéssel átvitt a hővezetési tényezővel (λ) és a hőmérsékleti gradienssel $\frac{dT}{dx}$:

$$Q = -\lambda F \frac{dT}{dx}$$

A hővezetési tényező negatív jele azt mutatja, hogy a hő a hőmérséklet csökkenés irányába terjed.

Hőátvitel formái

Hővezetés

anyag neve	hővezetési tényező (<i>W/mK</i>)
alumínium	220,98
arany	308,21
ezüst	418,70
vörösréz	395,44
vas	75,60

Hőátvitel formái

Hővezetés

anyag neve	hővezetési tényező (W/mK)
gyémánt	-
porcelán	0,814
ablaküveg	0,582
beton	0,814
jég	2,210

Hőátvitel formái

Hővezetés

HŐVEZETÉSI TÉNYEZŐK

Építőanyagok	λ_D (W/mK)
Üveggyapot	0,033 – 0,042
Kőzetgyapot	0,033 – 0,040
EPS expandált polisztirolhab	0,035 – 0,048
XPS extrudált polisztirolhab	0,032 – 0,040
PUR poliuretánhab, PIR hab	0,019 – 0,025
Fa	$\approx 0,20$
Fagyapot, habcement	0,08 – 0,10
Pórusbeton	0,13 – 0,15
Pórusos téglá	0,20
Tömör téglá	0,80
Beton	1,30
Vasbeton	1,60
Acél	58
Alumínium	200

Hőátvitel formái

● Hővezetés

Hővezetési tényező (λ):

A test anyagától (sűrűség, kristályszerkezet, kémiai kötések) és hőmérsékletétől függ.

Vezetőképesség:

Nagy a **fémeknél**, bár az értékek nagyon eltérőek

A **nem fémes** szilárd anyagok általában alacsonyabb vezetőképességgel rendelkeznek

A **szén** kivétel a nem fémek között, mert viszonylag nagy vezetőképességgel és kémiai tehetetlenséggel rendelkezik, széles körben alkalmazható hőcserélőben

Hőátvitel formái

● Hővezetés

Hővezetési tényező (λ):

A test anyagától (sűrűség, kristályszerkezet, kémiai kötések)

etési tényező (λ):

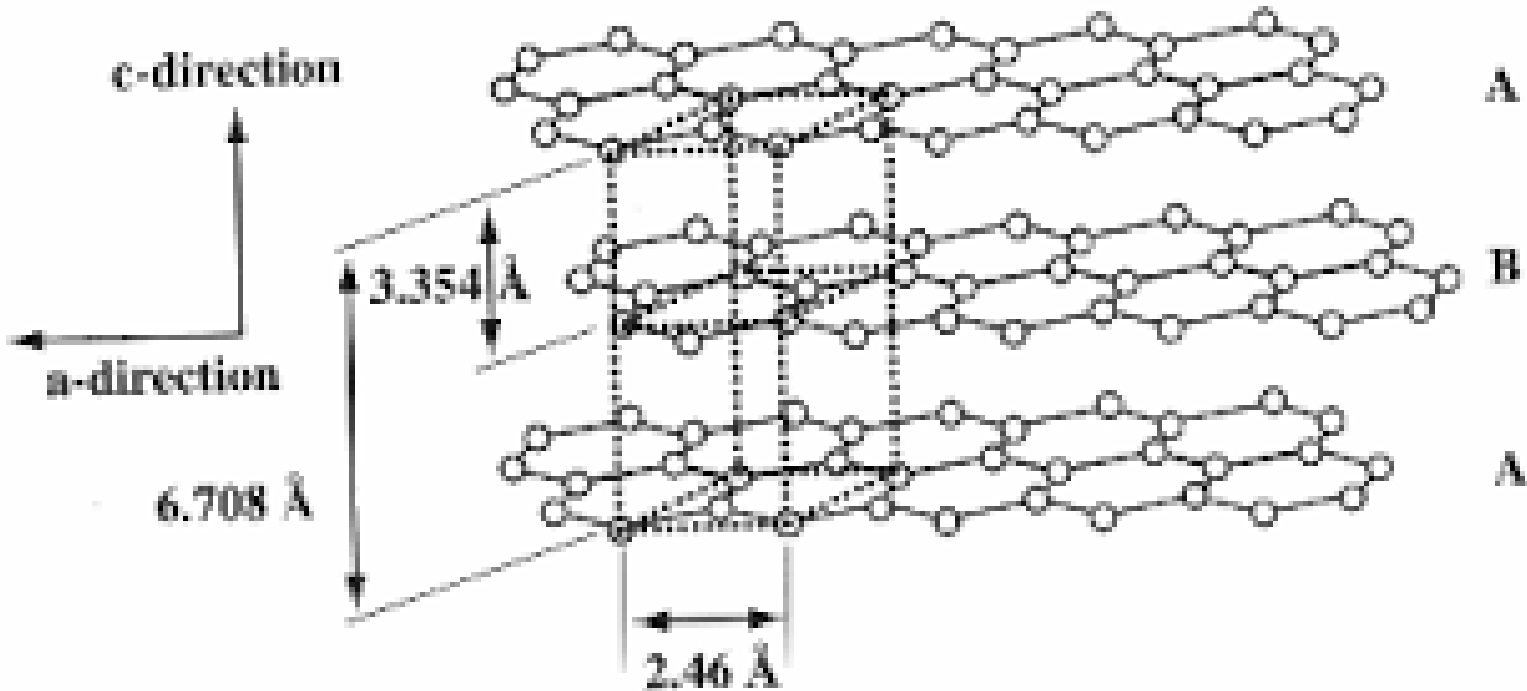


Hőátvitel formái

● Hővezetés

Hővezetési tényező (λ):

A test anyagától (sűrűség, kristályszerkezet, kémiai kötések)



Hőátvitel formái

● Hővezetés

Hővezetési tényező (λ):

A test anyagától (sűrűség, kristályszerkezet, kémiai kötések)

	Graphite Laminate	Aluminum 6061	Pure Copper
Density (g/cm ³)	1.33	2.7	8.96
Thermal Conductivity (In-Plane) (W/m•K)	233	180	400
Specific Thermal Conductivity (W•m ² /kg•K)	0.175	0.067	0.045
Thermal Anisotropy	52	1	1



Hőátvitel formái

● Hőáramlás (konvekció)

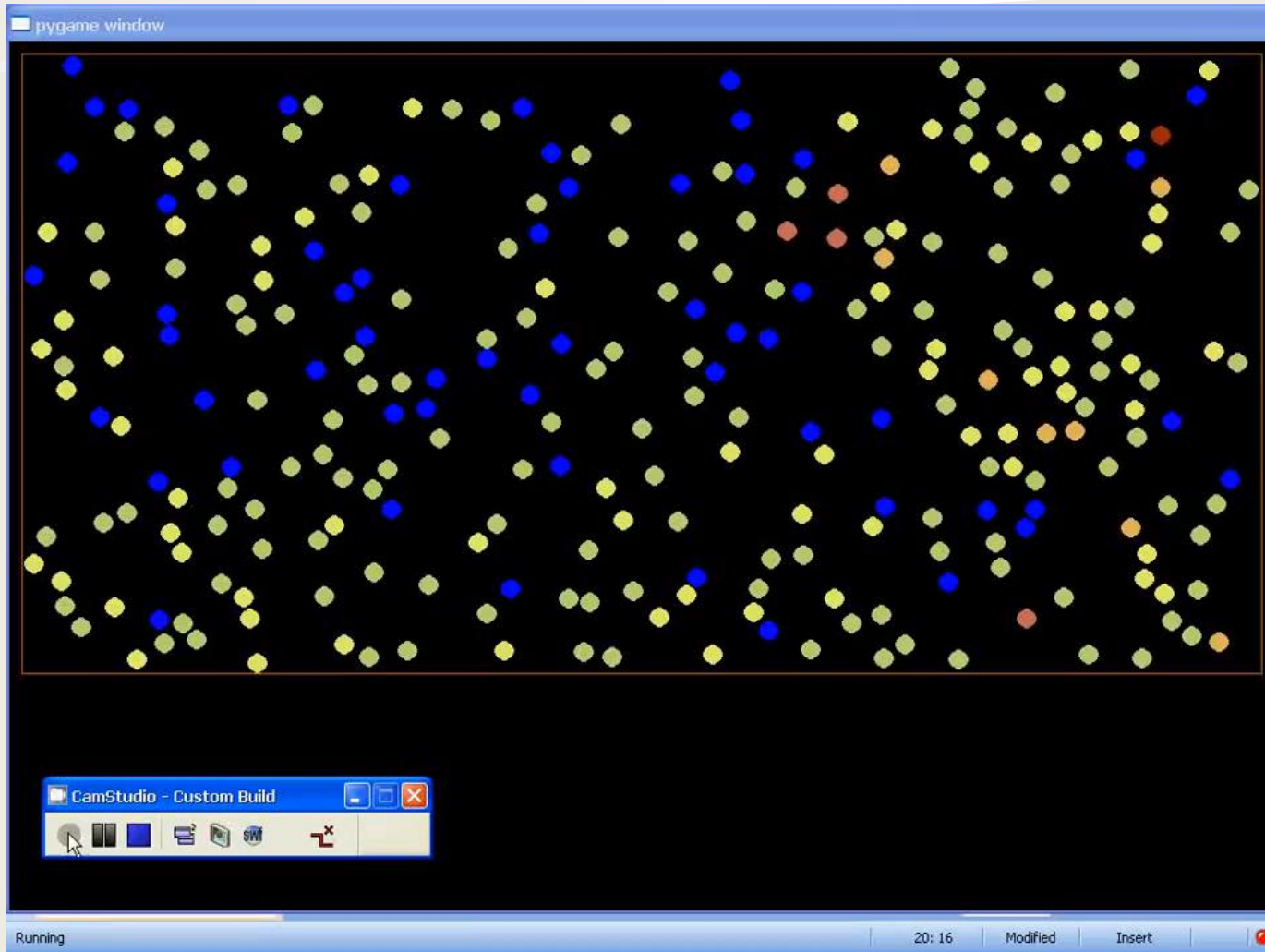
- Konvektív hőátadás összetett folyamat

Fő lépései:

- Konduktív hőátadás
- Fluid tömeg áramlás következtében történő hőátadás
- elsősorban folyadékoknál és gázoknál fordul elő
- hővezetés során az elemi részecskék elmozdulnak ez eredeti helyzetükhöz képest

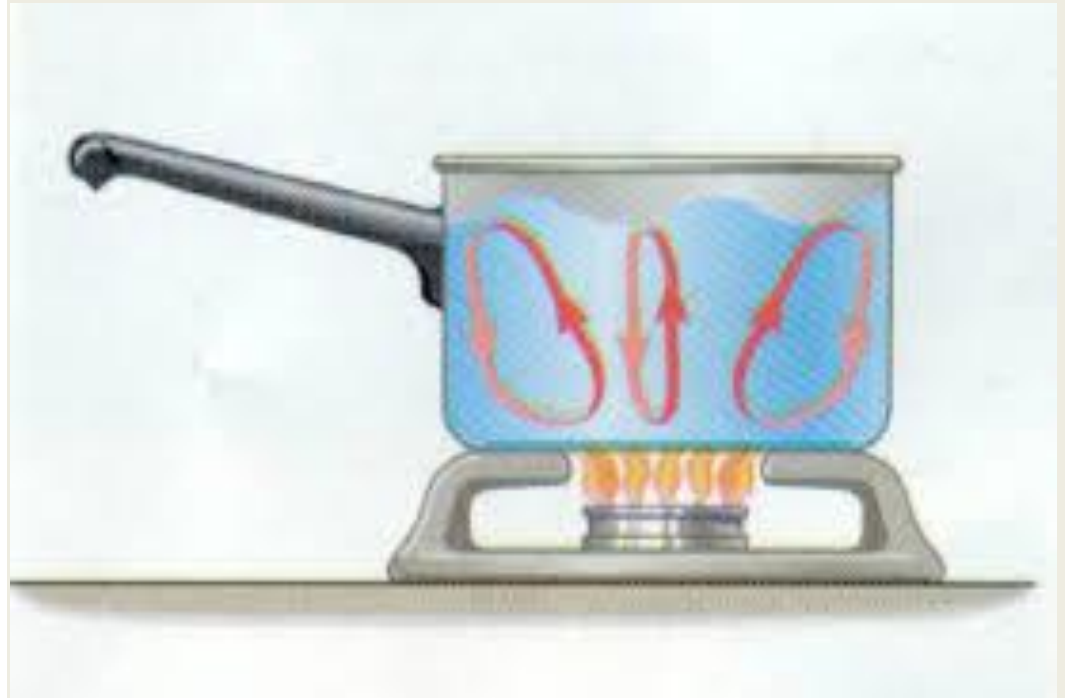
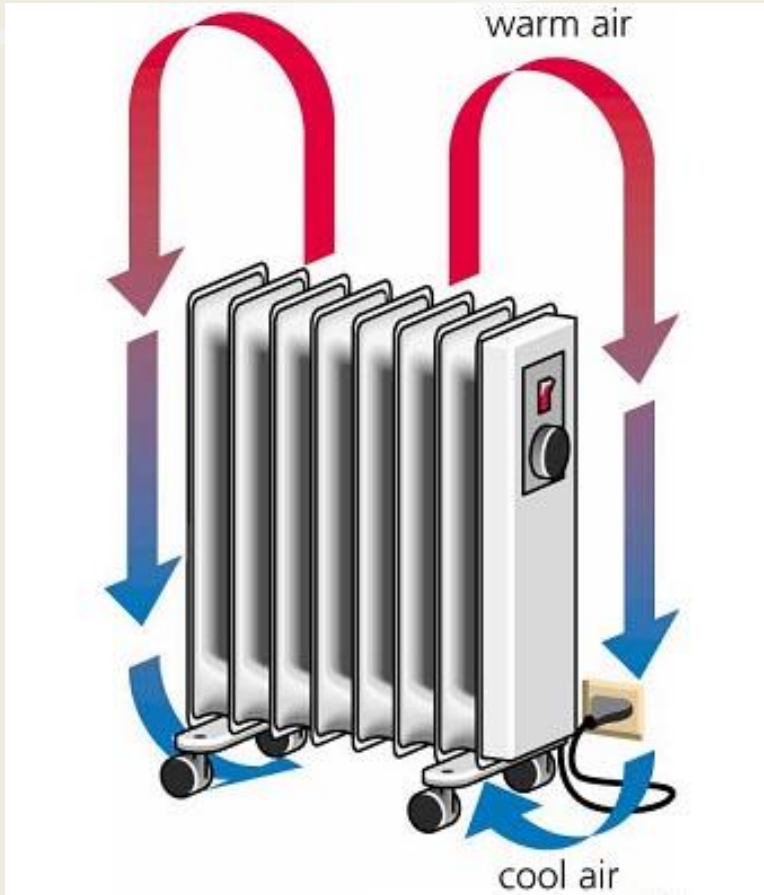
● Hőáramlás (konvekció)

- a fluidum, vagy test részecskéinek helye változik



Hőátvitel formái

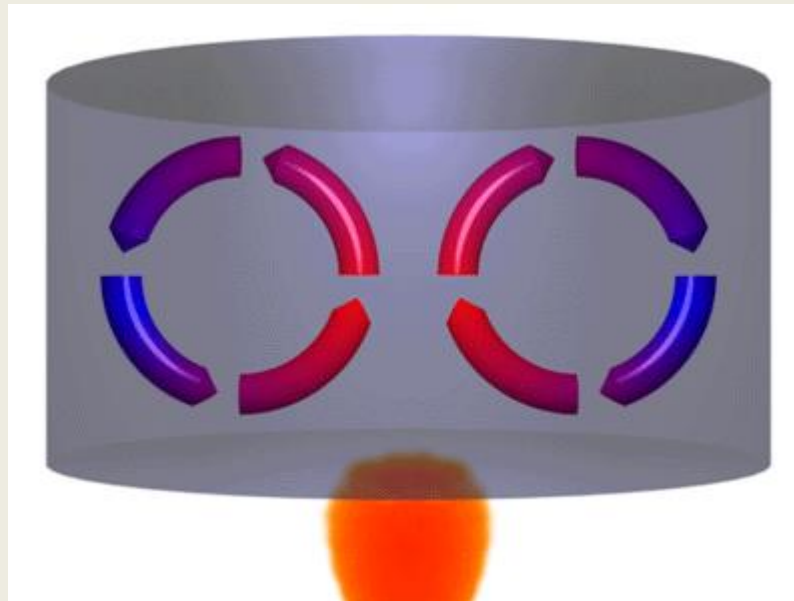
● Hőáramlás (konvekció)



Hőátvitel formái

● Hőáramlás (konvekció)

- a hő a fluidum áramlása közben terjed a hidegebb és a melegebb rétegek sűrűség- különbsége következtében

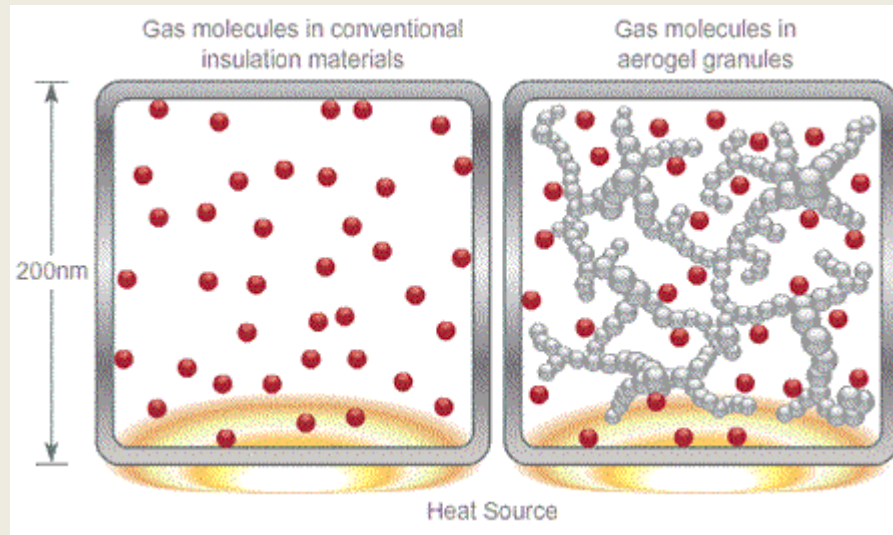


Authentic
LI-900
Shuttle Tile
Insulation



Hőátvitel formái

● Hőáramlás (konvekció)



Hőátvitel formái

● Hőáramlás (konvekció)

Ha a folyadék vagy a gáz szilárd test felületével érintkezik, közöttük hőáram alakul ki.

A hőáram (Q) a hőmérséklet-különbséggel (Δt), a hőáram irányára merőleges keresztmetszettel (F), valamint egy α konvekciós tényezővel arányos :

$$Q = -\alpha F \Delta t$$

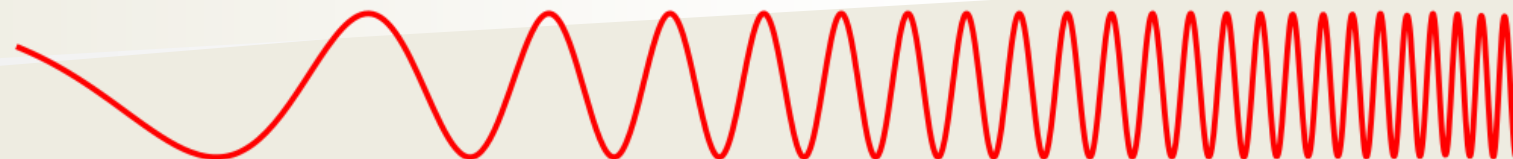
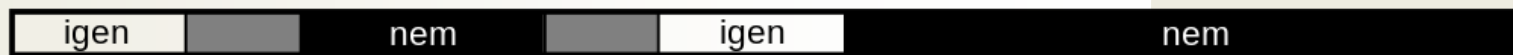
Hőátvitel formái

● Hősugárzás (radiáció)

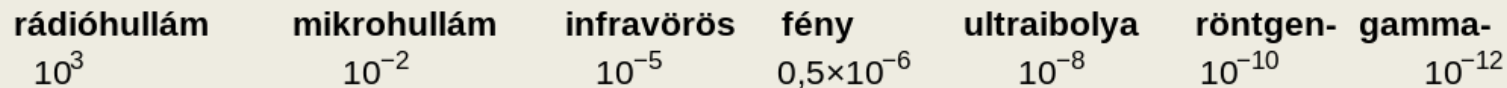
- közvetítő közeg nélkül (légüres térben) is létrejön
- a hőátvitel elektromágneses hullámokkal történik
- a melegebb test sugárzását a hidegebb nyeli el (termodinamika második főtételét)

Az elektromágneses spektrum

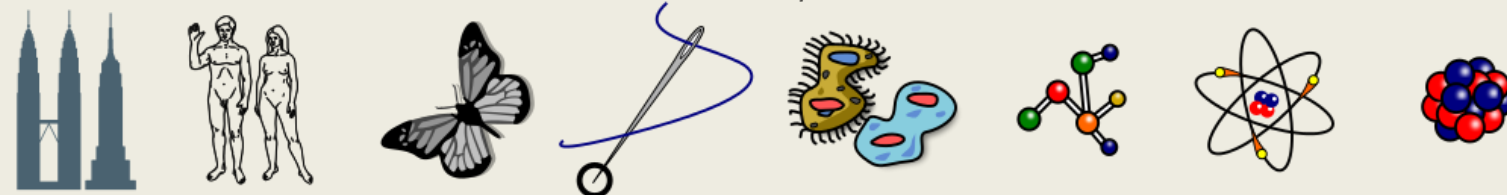
Átengedi a Föld légköre?



Hullámtartomány
Hullámhossz (m)



A hullámhossz nagyságrendje

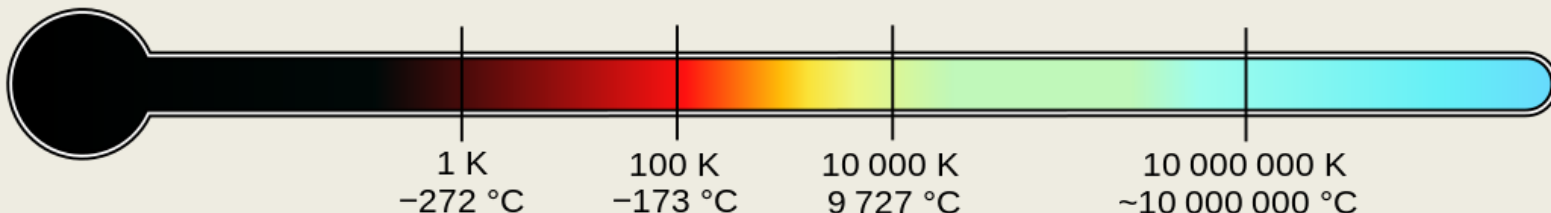


épületek ember pillangó tűhegy egysejtű molekula atom atommag

Frekvencia (Hz)



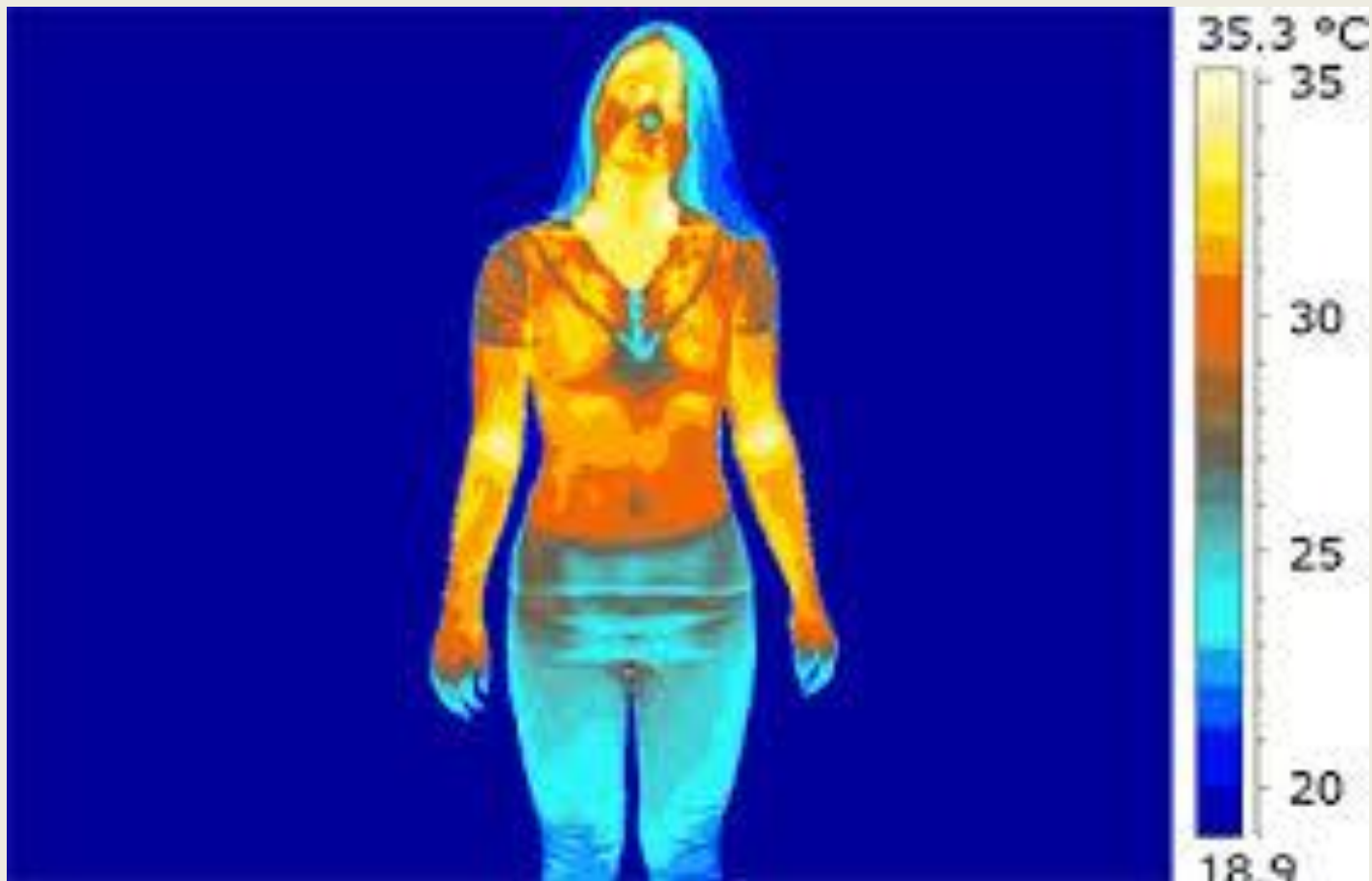
A tartományban maximális intenzitással sugárzó testek hőmérséklete



Hőátvitel formái

● Hősugárzás (radiáció)

- Minden test sugárzik
- A hő sugárzás csak az abszolút 0 K-en szűnik meg (elvileg)



● Hősugárzás (radiáció)

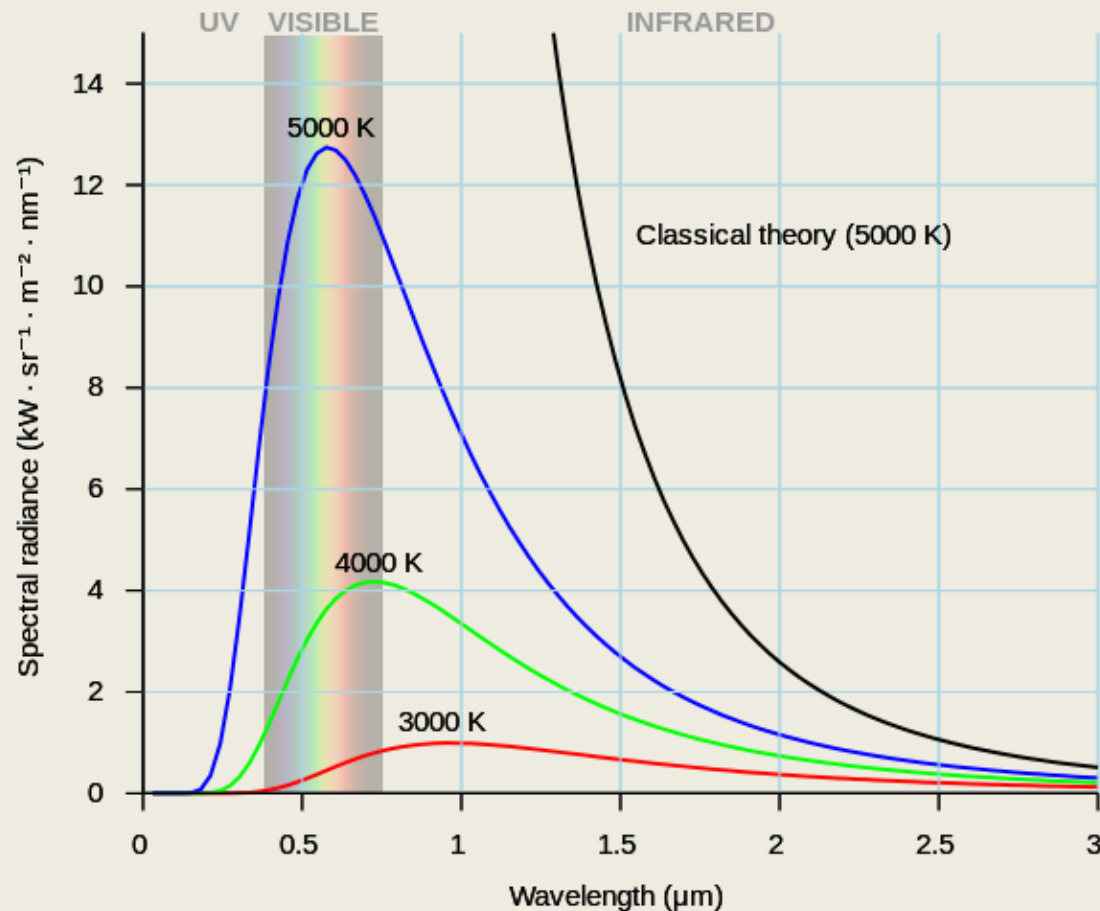
Infravörös érintésmentes hőmérő



Hőátvitel formái

● Hősugárzás (radiáció)

- Ideális fekete test sugárzása



Hőátvitel formái

● Hősugárzás (radiáció)

A hősugárzás a Stefan-Boltzman törvénnyel jellemezhető.

$$Q = \varepsilon \sigma A T^4$$

Q hőáram

ε emisszió-képesség

σ a test sugárzási állandója

A felület

T abszolút hőmérséklet

ε és σ értéke függ az anyagtól és az abszolút hőmérséklettől és a sugárzás frekvenciájától.

Az abszolút fekete test ε értéke 1, a gyakorlatban $\varepsilon < 1$

Hőátvitel formái

● Hősugárzás (radiáció)

A gyakorlatban alkalmazott radiatív hő közlő eszközök



Infra lámpa



mikrohullámmű

Hőátvitel formái

● Hősugárzás (radiáció)

A gyógyszer iparban alkalmazott mikrohullámú szárító



Hőközlés

Gyógyszertechnológiai vonatkozások

*Pécsi Tudományegyetem
Gyógyszertechnológiai Intézet*



Hő hatására bekövetkező változások

- fázisátalakulás
- polimorf változás
- pirolízis

Ezek a változások különböző termikus módszerekkel követhetők és mérhetők.

Termikus vizsgálatok

- olvadási hőmérséklet és olvadási tartomány
- cseppenés pont
- dermedés pont
- forrási hőmérséklet
- szárítás
- termoanalitika
 - TGA
 - DTA
 - DSC

A hőközlő közegek

- levegő
- víz
- vízgőz
- olaj
- homok

- Plazma

A hőközlés gyógyszer technológiai jelentősége

● Folyékony gyógyszerformák

- Főzetek, forrázatok előállítása
- Bepárlás
- Desztillálás
- Sterilizálás

A hőközlés gyógyszer technológiai jelentősége

● Félszilárd gyógyszerformák

- Olvasztás

- Kenőcs

- kúp, -globulus, ovulum készítésnél

A hőközlés gyógyszer technológiai jelentősége

■ Szilárd gyógyszerformák

– Oldás elősegítése

– Oldódási sebesség növelése

Ipari

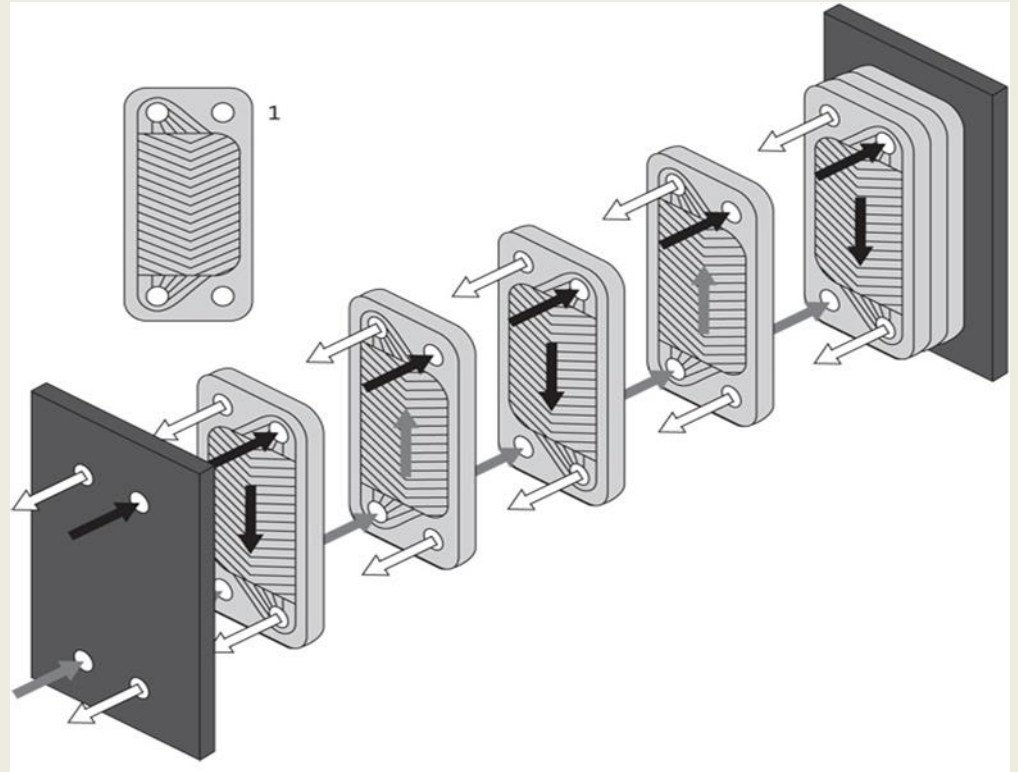
HŐKÖZLÉS

*Pécsi Tudományegyetem
Gyógyszertechnológiai Intézet*



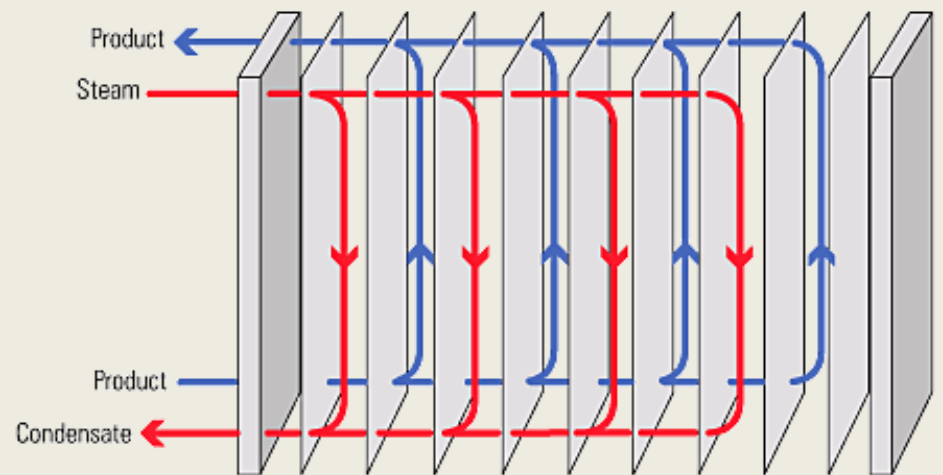
Lemezes hőcserélő

Számos speciális
présmintás lemezből
áll, amelyek két
nyomólap közé
vannak csavarozva.



A folyadékáramlási csatornában turbulencia keletkezik, ami nagyon magas hőátadási együtthatót eredményez, és kompakt, hatékony hőcserélőt eredményez.

Lemezes hőcserélő



■ Lemezes hőcserélő

20-200 kW

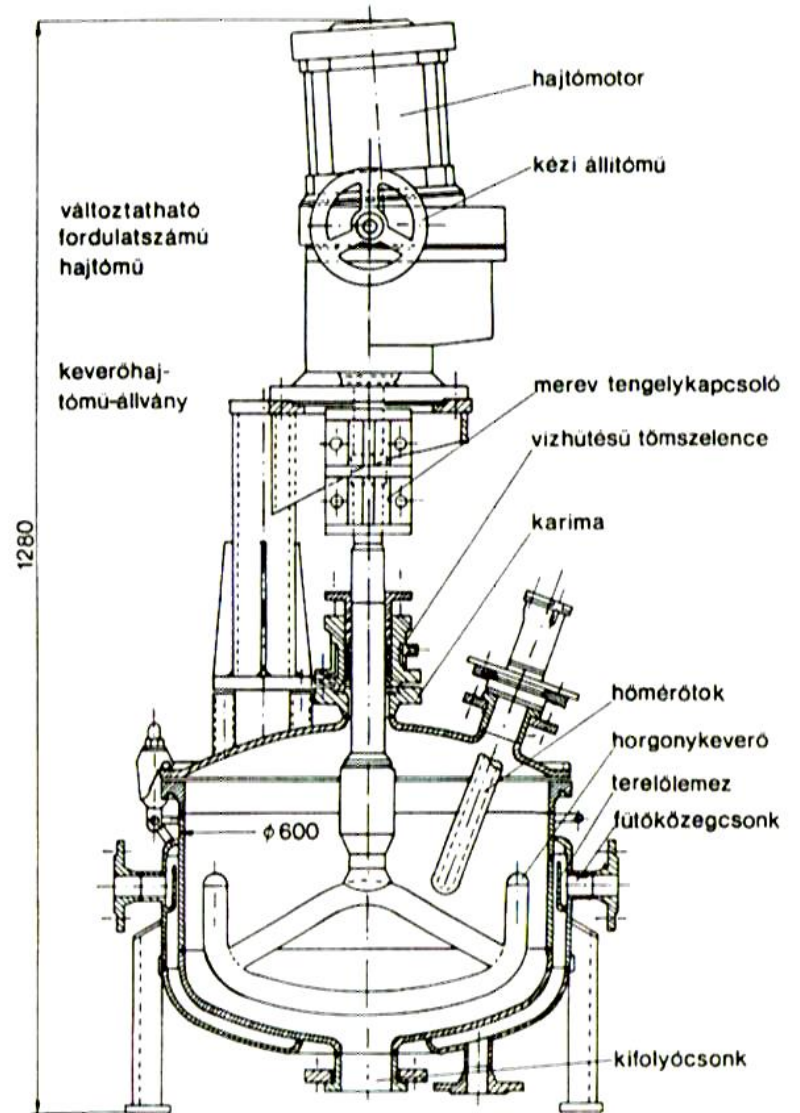


Lemezes hőcserélő



Duplikátor

● Ipari duplikátor Fűtőköpenyes Üst reaktor



8.12. ábra. Ankerkeverős fűtőköpenyes készülék felső hajtóművel

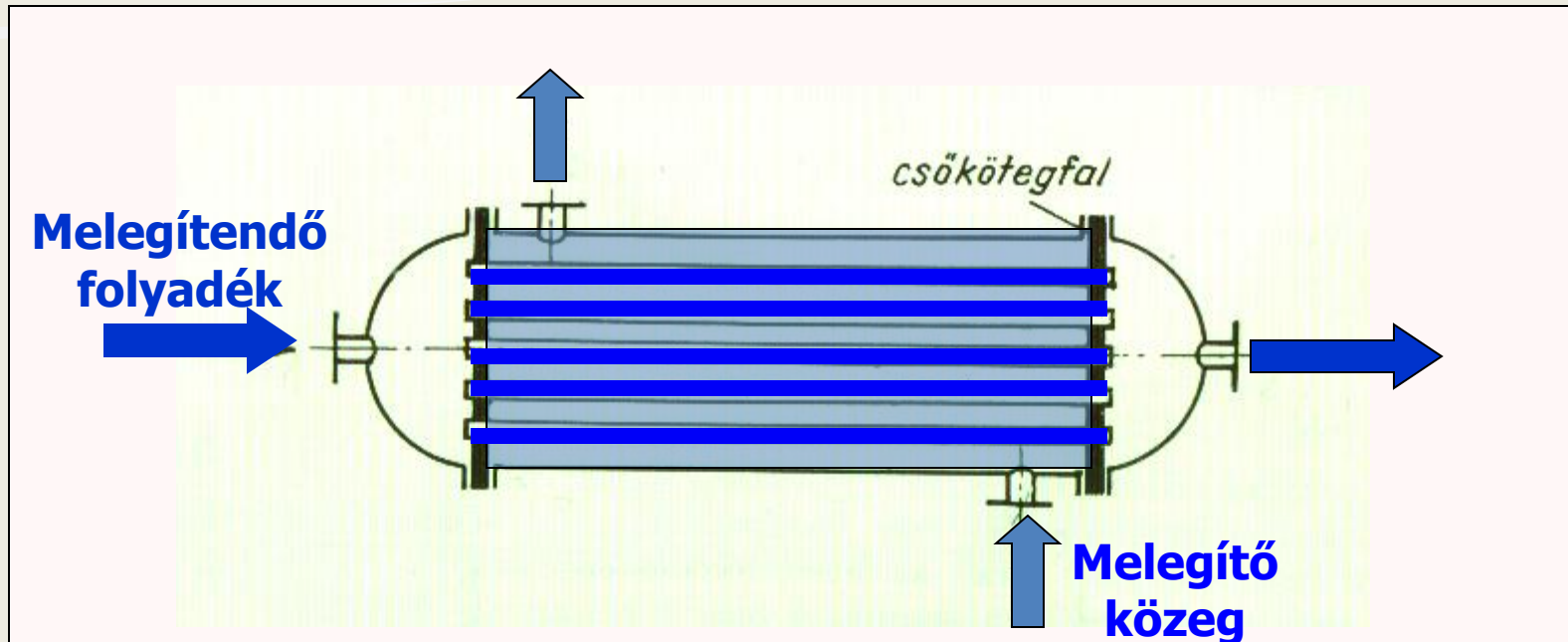
Duplikátor

● Ipari duplikátor

Fűtőköpenyes űst reaktor



Merev csőköteges hőcserélő

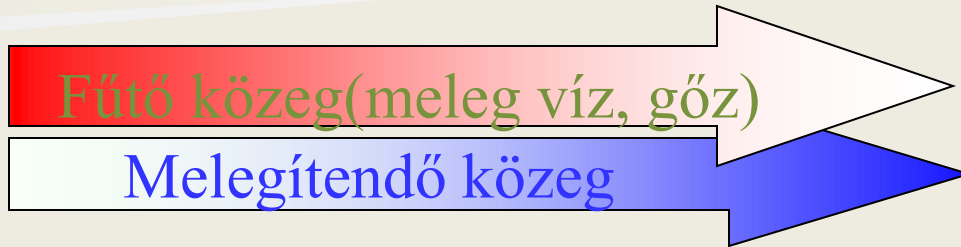


A melegítendő anyag a baloldali sűvegszerű részbe kerül, a csövekben szétoszlik, majd a túlsó végén összegyűlik és eltávozik. A hőcsere a **csőtérben** történik. Egyenáramban és ellenáramban is működik.

Merev csőköteges hőcserélő



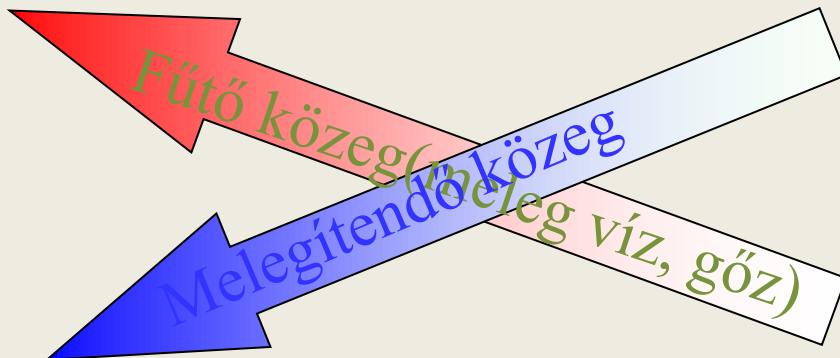
Hőcserélők közegáramai



Egyenáram

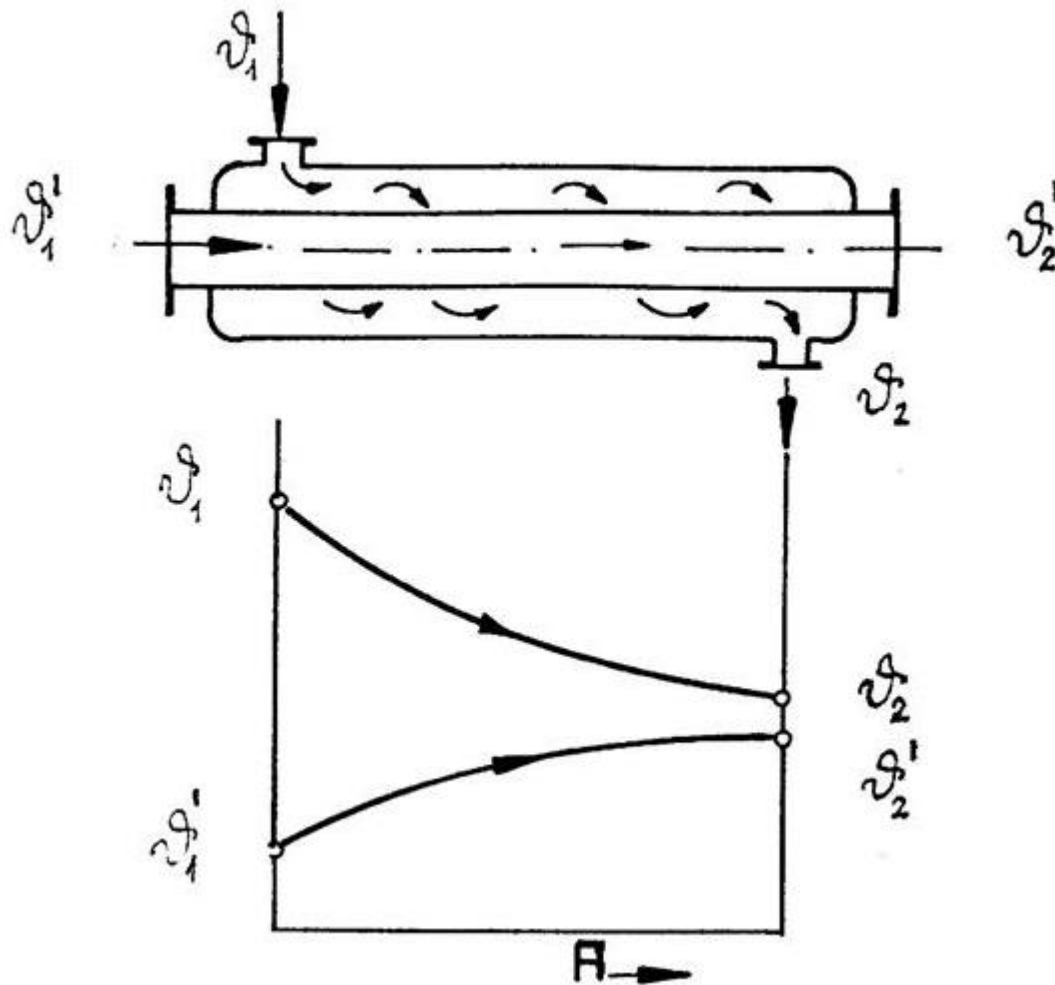


Ellenáram

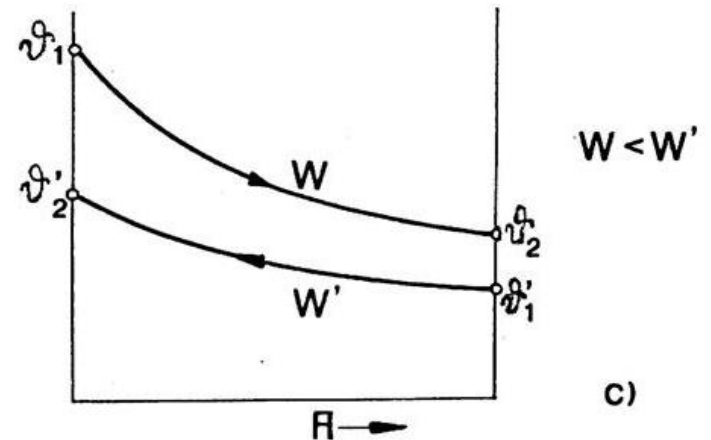
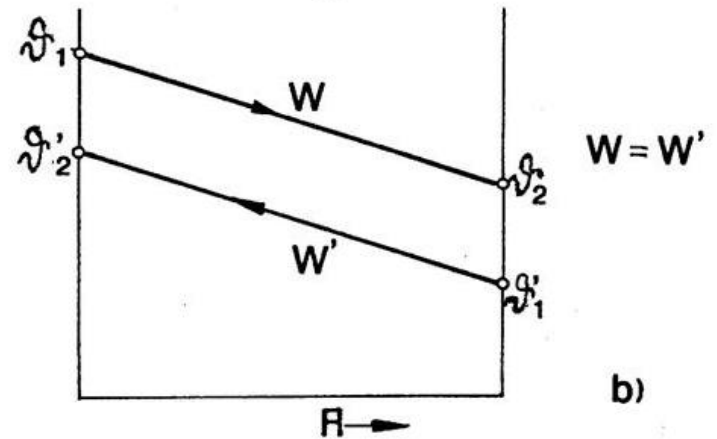
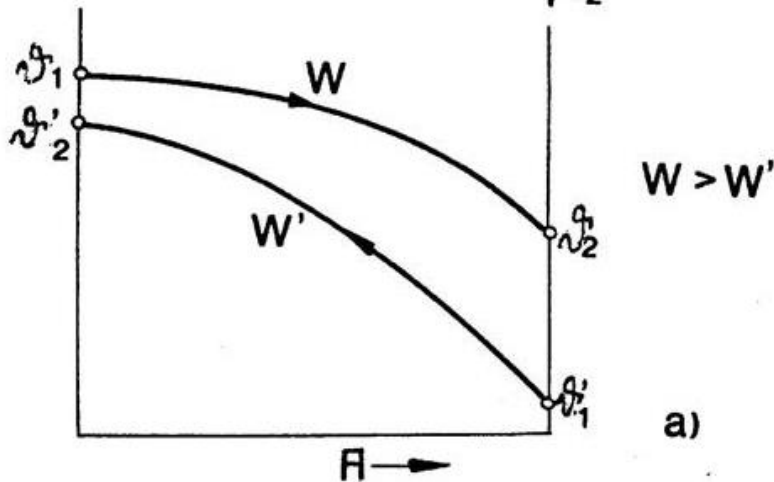
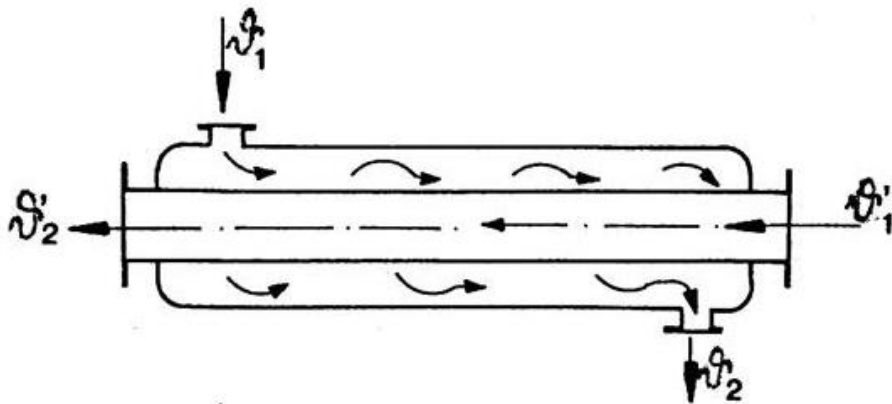


Keresztáram

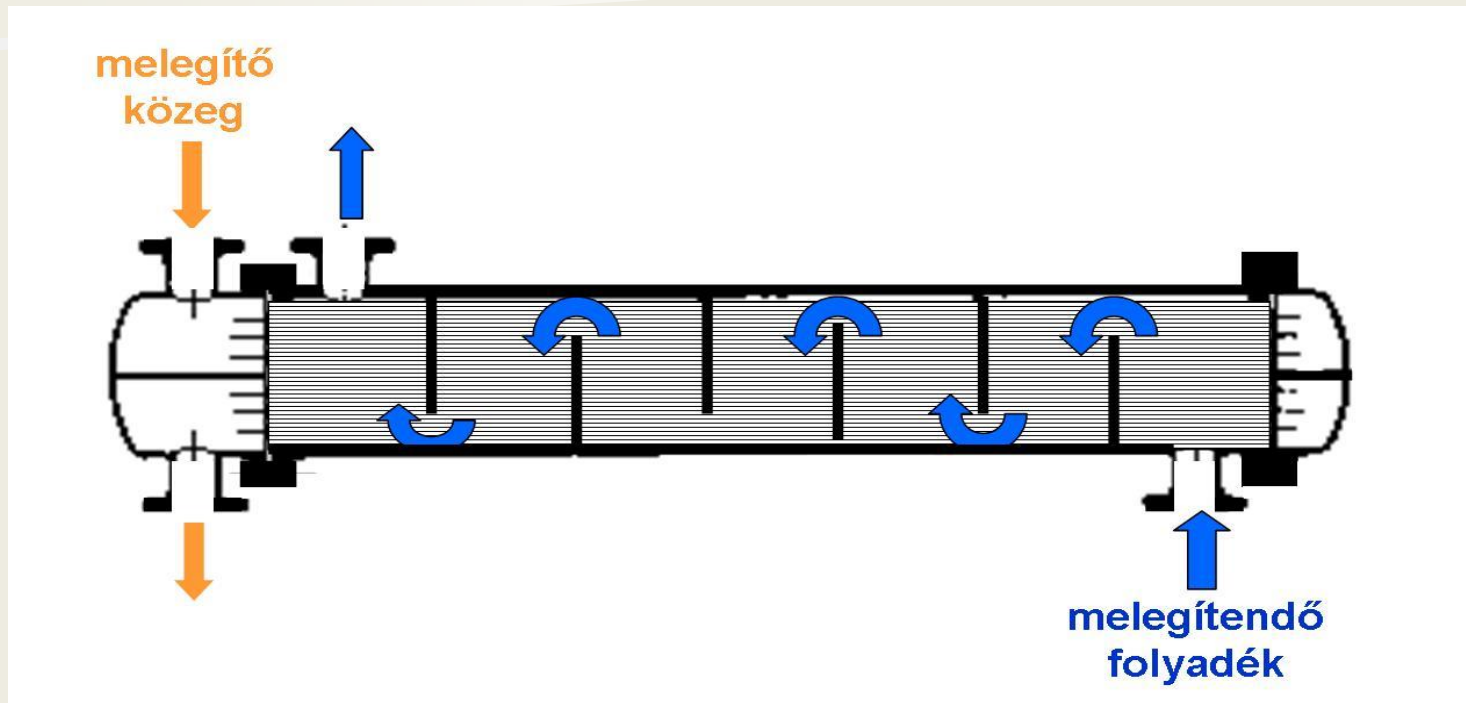
Egyenáramú hőcserélő hőfoklefutása



Ellenáramú hőcserélő hőfoklefutása



Terelőlemezes, merev csőköteges hőcserélő



A melegítendő közeg alaposabb kevertetése céljából a merev csőköteges hőcserélőbe terelőlemezeket építenek. A köpenytérben áramló folyadék részben párhuzamosan, részben merőlegesen áramlik a hőátadó felületet képező csövekhez képest.

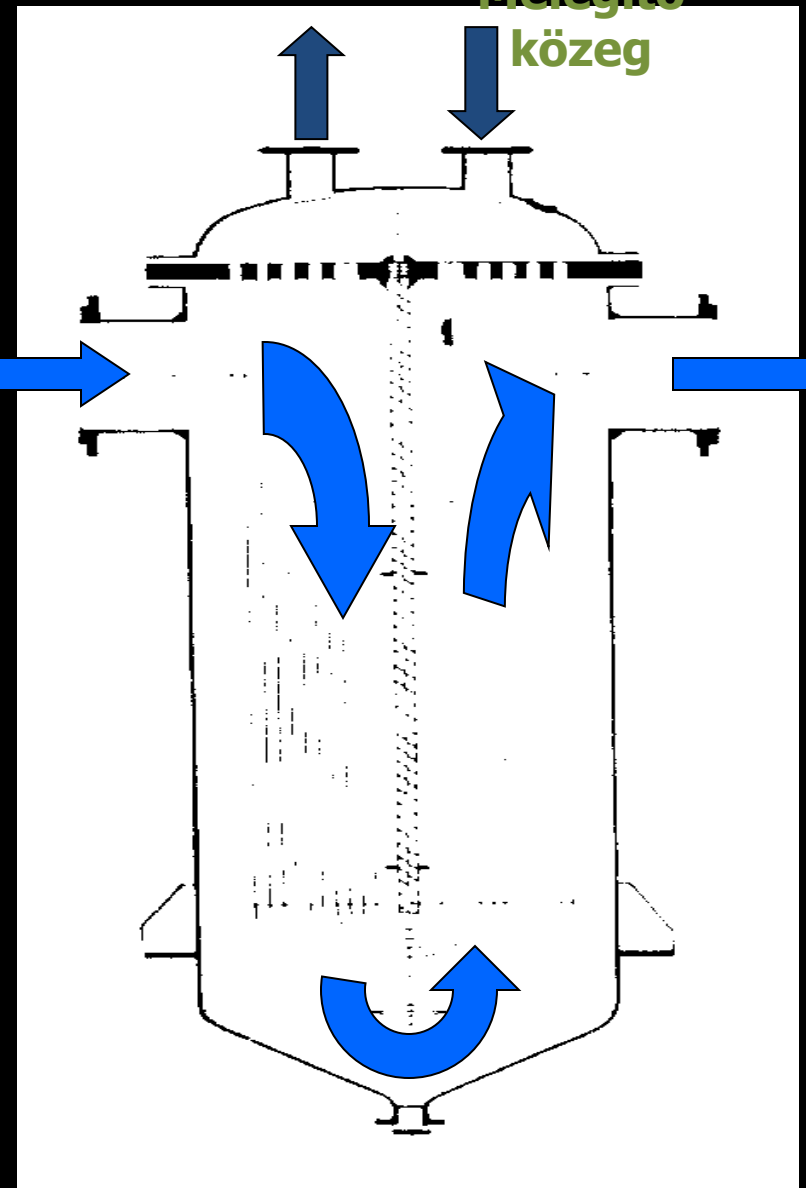
Hajtúcsöves hőcserélő

Különösen magas hőmérséklet
esetén a csövek jelentős
hőtágulásával is kell számolni.

A berendezésben a hajlított csövek
hőtágulása biztosított

Melegítendő
folyadék

Melegítő
közeg



Bepárlás

*Pécsi Tudományegyetem
Gyógyszertechnológiai Intézet*



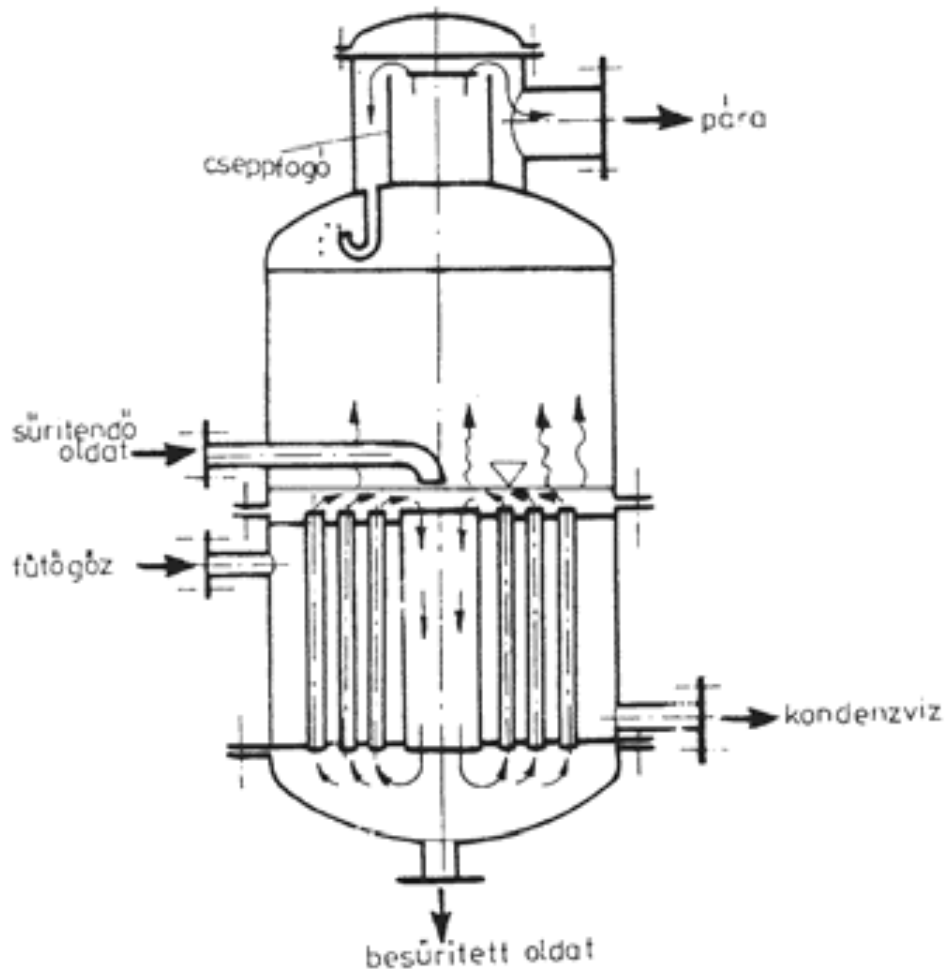
Bepárlás

Bepároláskor az oldatból az oldott anyag mellől eltávolítjuk az oldószert

Célja lehet:

- az oldat töményítése,
- az oldott anyag kinyerése,
- oldószer kinyerése.

Bepárló készülék

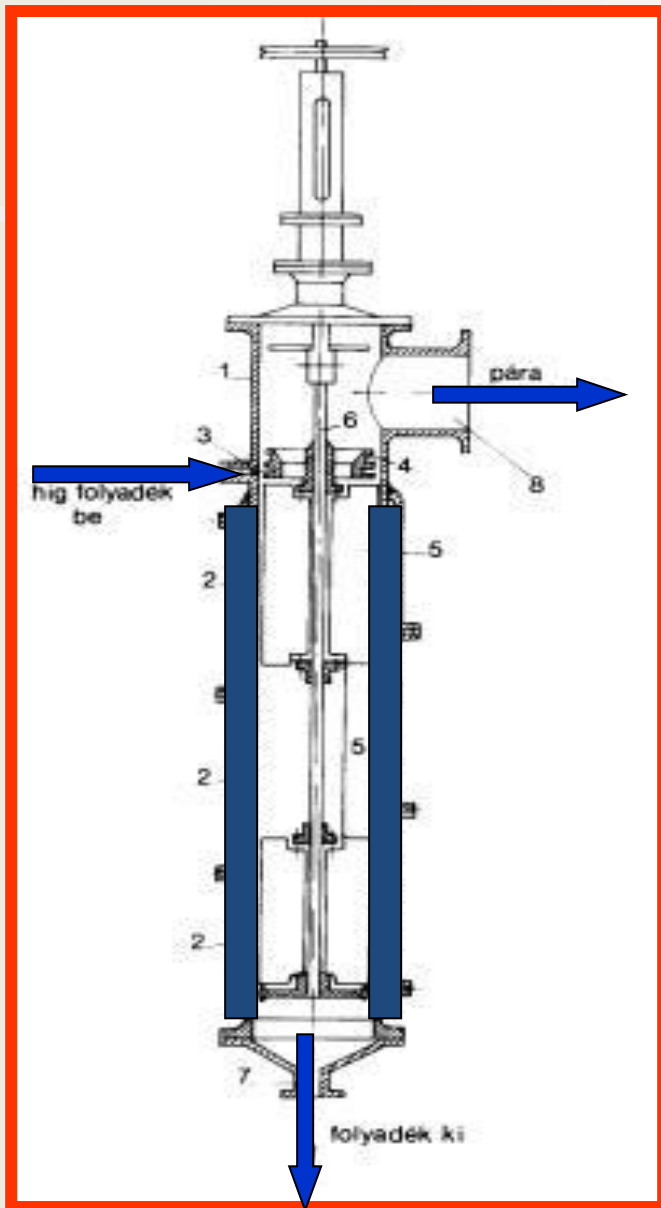


A bepárlóba kerülő oldat melegítését a köpenytérbe vezetett gőzzel érik el.

A bepárló alsó terében a sűrűsödő oldat a „létér”, a felső terében az oldószer gőze „páratér” található.

A bepárló tetején cseppfogót helyeznek el.

Filmbepárlók



1. bepárló test
2. fűtőköpeny
3. folyadék útja
4. elosztó (cseppfogó) tálca
5. lapát/ok
6. tengely
7. kilépő csomk
8. páracsonk

Hőérzékeny anyagok bepárlására alkalmazzák. A nagy érintkező felületek miatt nagy hatékonyságú a hőátadás. A lecsurgó folyadék rétegvastagsága (néhány tized mm) állítható.



Laborota LR 20 ipari rotációs vákuum-bepárló

- nemesacél víz- vagy olajfürdő
- automatizált desztillálás
- adó- és szedőlombikok : 10 és 20 l térfogattal
- könnyű szerelhetőség
- áttekinthető kezelőfunkciók digitális kijelzőkkel
- vákuum-desztillálási opció vákuum-szabályozóval
- maximális üzembiztonsági kiépítés
- 1 fő elegendő a működtetéshez

Rotadeszt



Desztillálás

*Pécsi Tudományegyetem
Gyógyszertechnológiai Intézet*



Desztillálás

A desztillálás(lepárlás) folyadékok gőzé alakításából és a gőzök hűtéssel általi cseppfolyósításából (kondenzálásából) áll.

Erre akkor van lehetőség, ha az elegy komponenseinek illékonysága különböző.

Célja lehet folyadék elegyek szétválasztása, tisztítása is.

Desztilláció alap változatai:

1. Atmoszferikus desztilláció
2. Vákuumdesztilláció
3. Vízgőz-desztilláció

Desztillálás

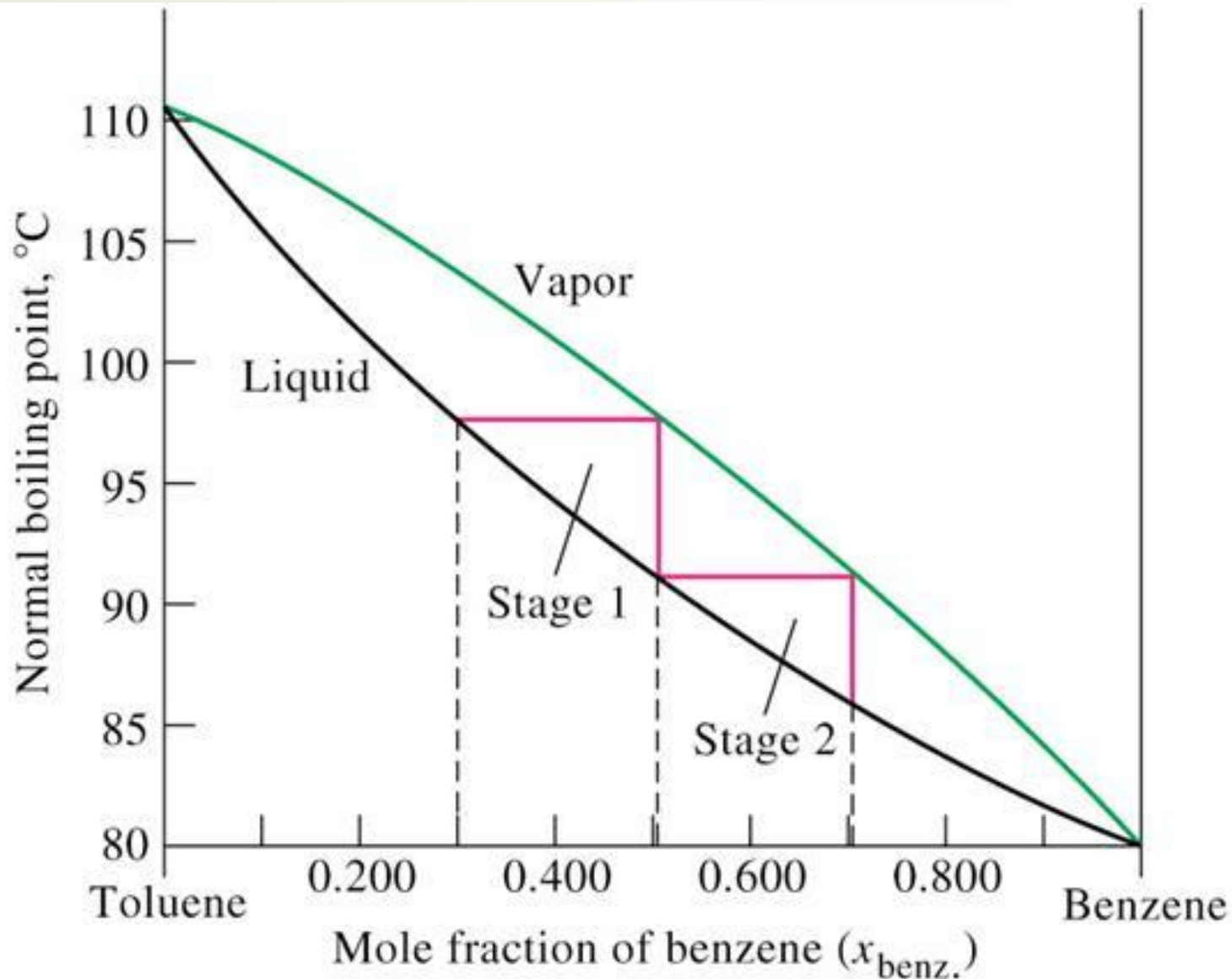
Atmoszférikus desztillálás:

- Egyszeri (batch) desztilláció
- Folyamatos desztilláció

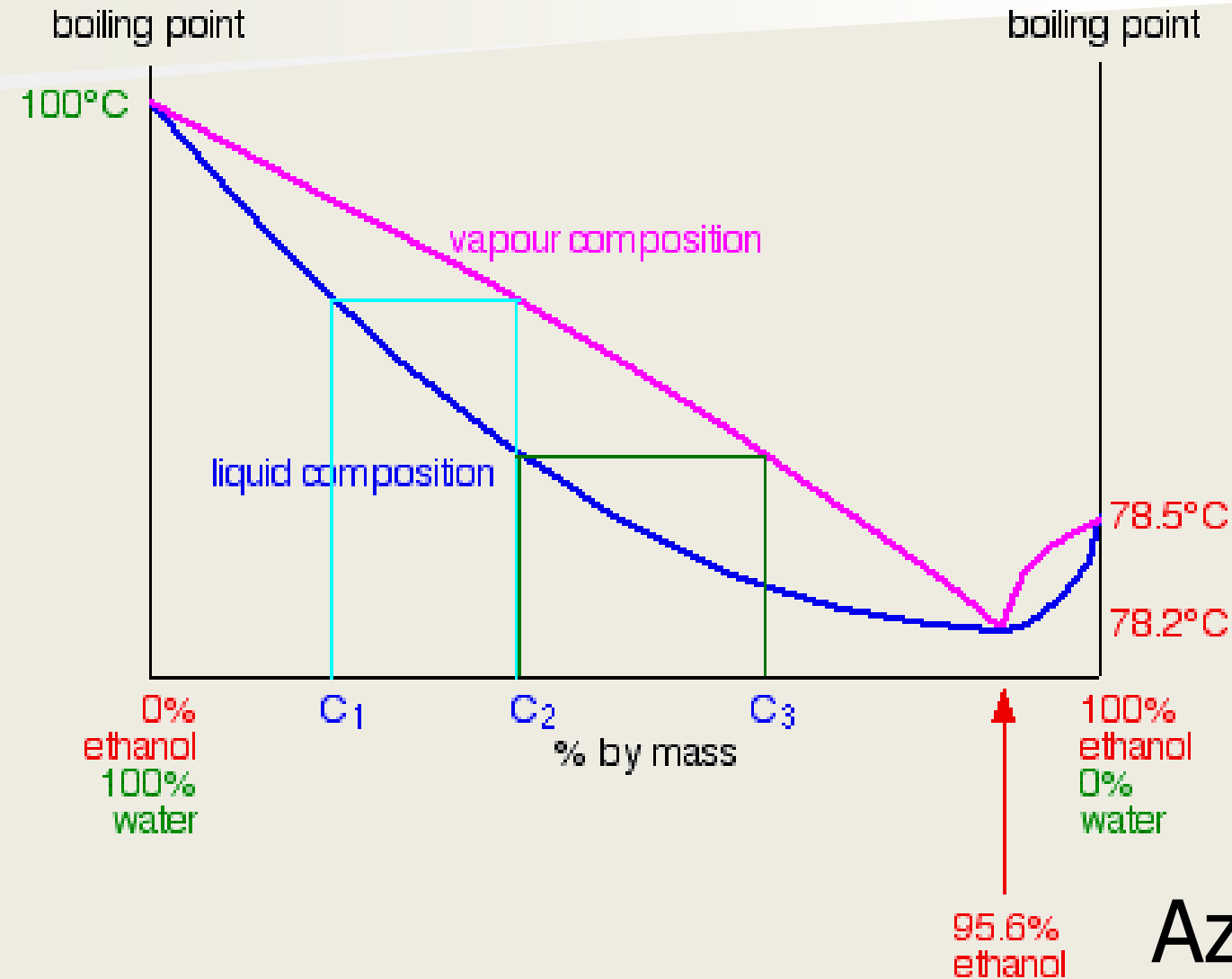
Az ismételt desztillálást **rektifikációnak** vagy **frakcionálásnak** nevezzük, amellyel nagyobb tisztaságot lehet elérni.

A gőz fázis részbeni kondenzálását **deflegmációnak** nevezzük

Desztillálás



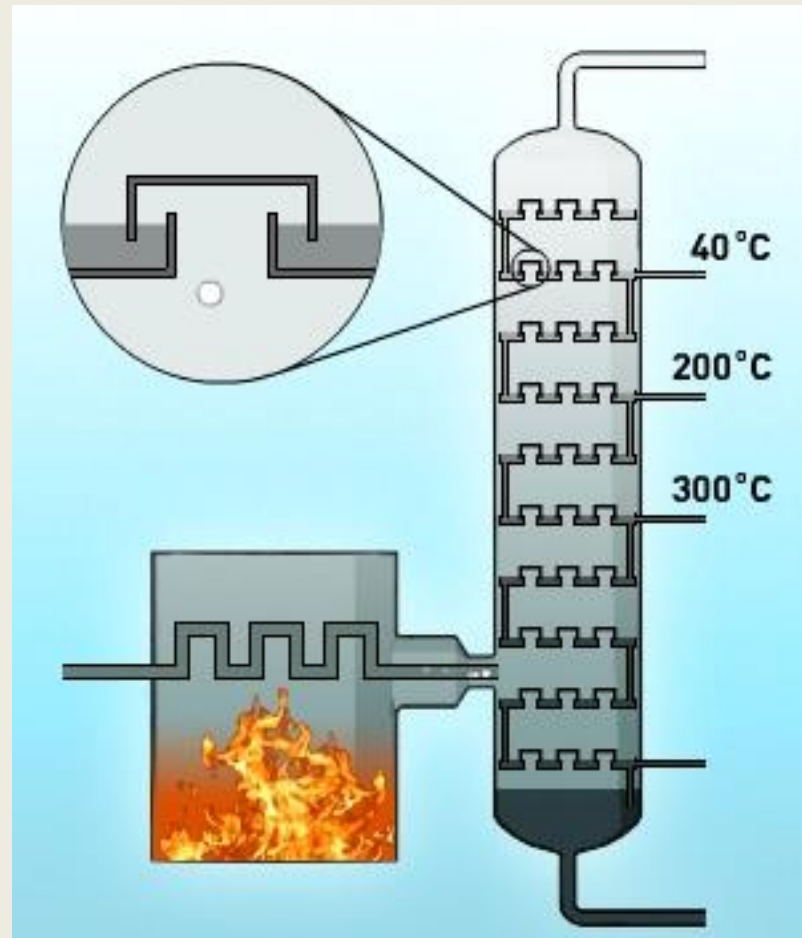
Desztillálás



Azeotróp

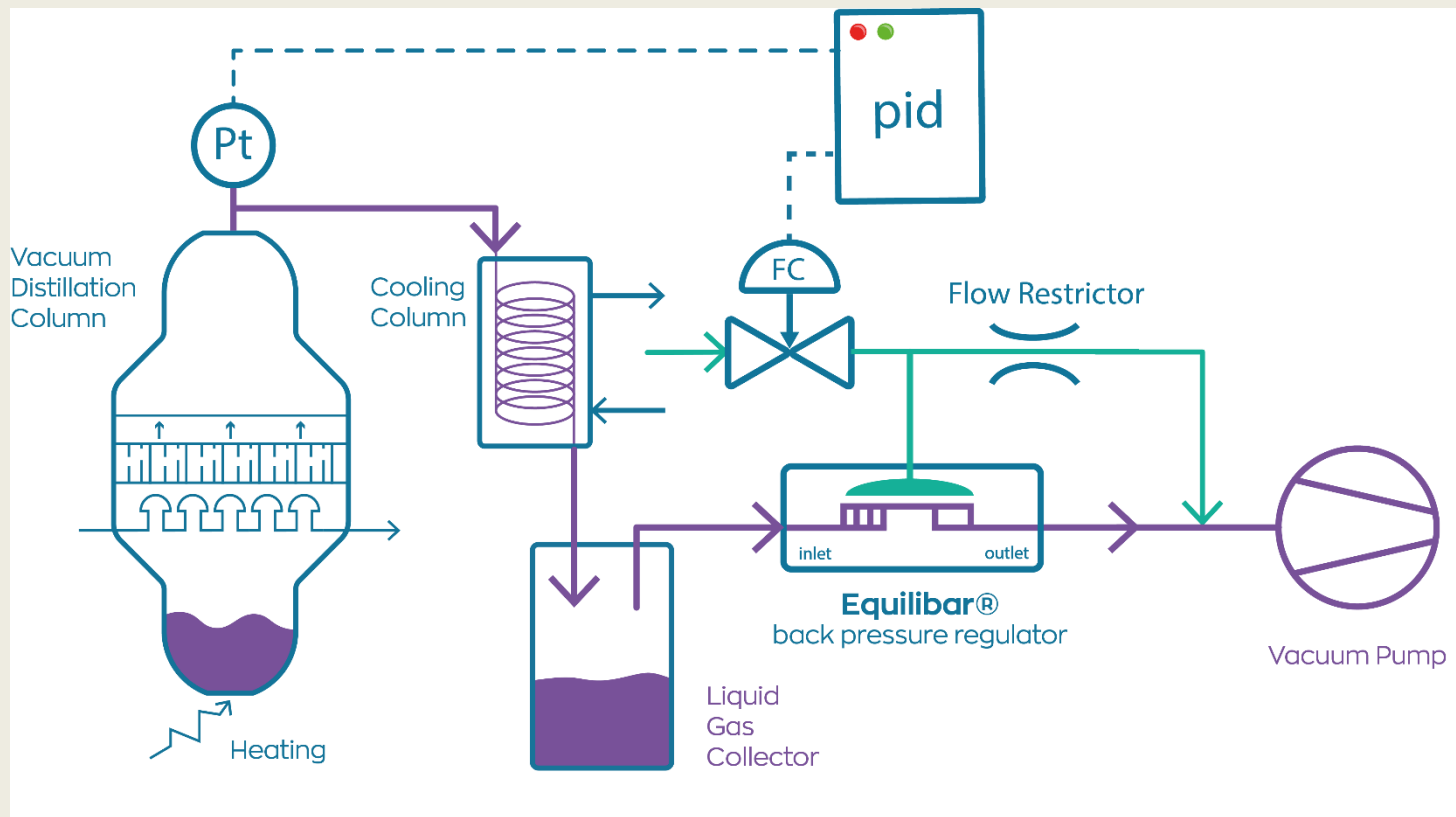
Desztillálás

Frakcionált desztillálás



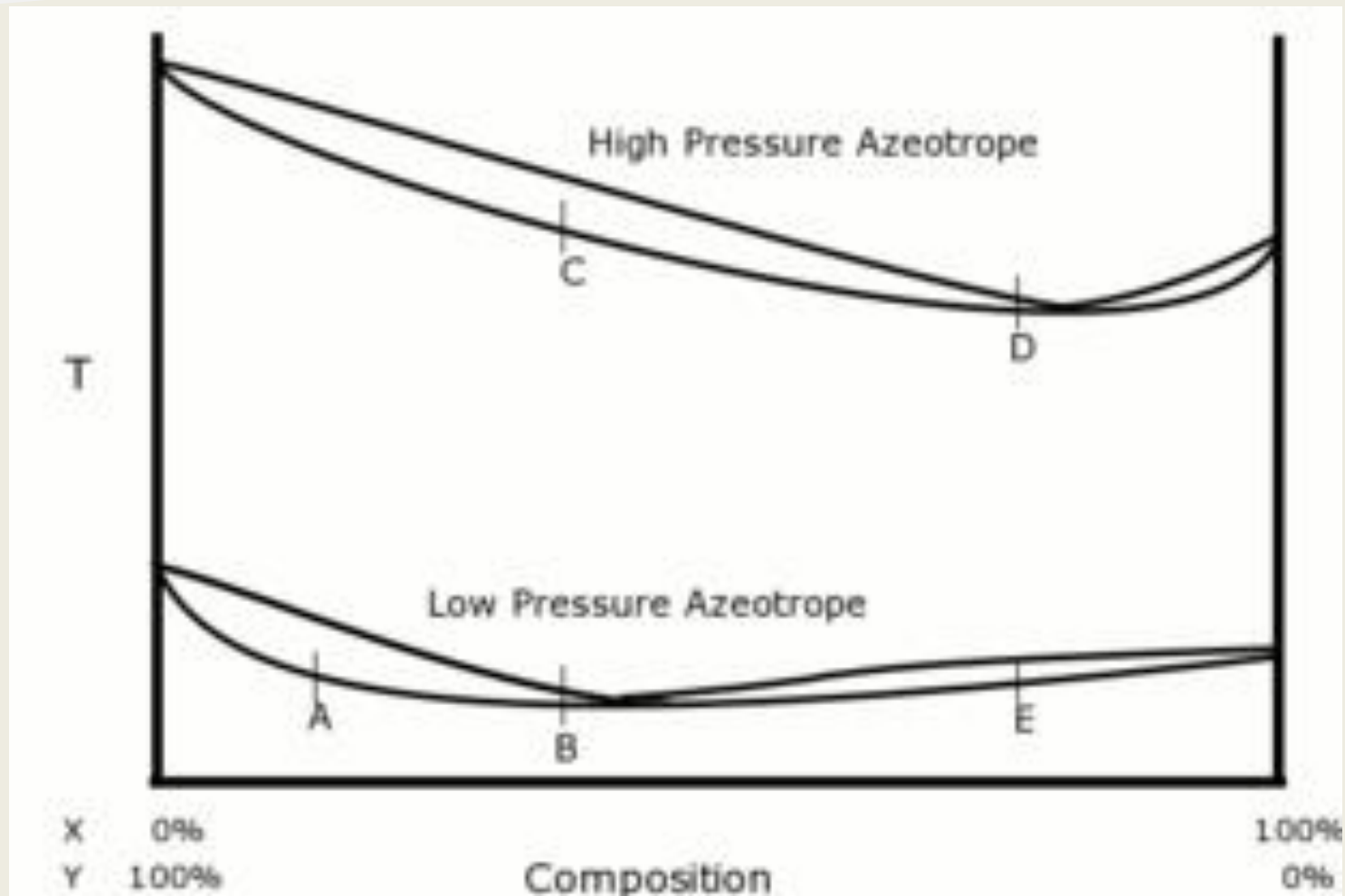
Desztillálás

Vákuum desztillálás:



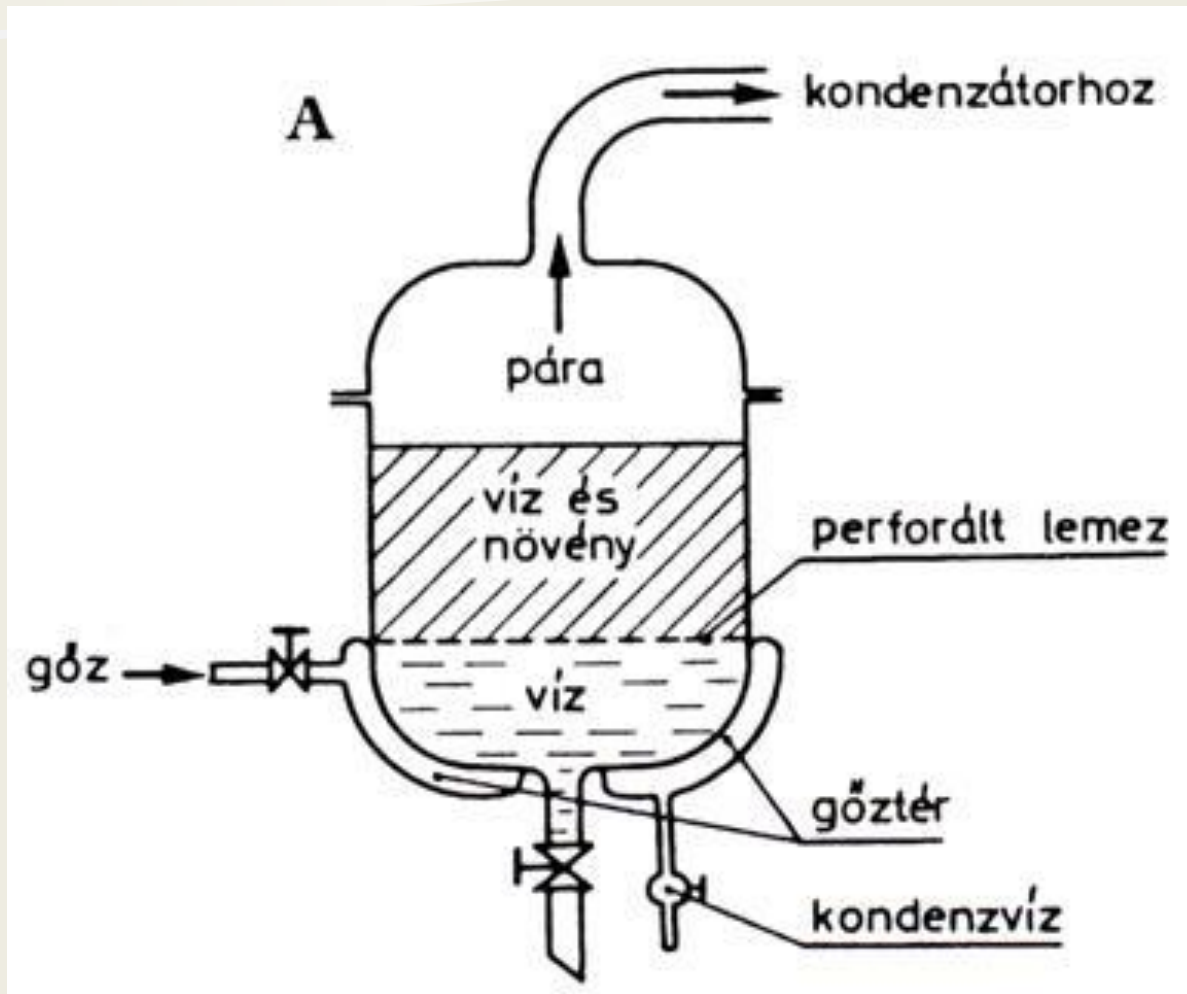
Desztillálás

Nyomás hatása az azeotróp összetételre



Desztillálás

Vízgőz desztillálás



Desztillálás

Vízgőz desztillálás

- A gőz összetételét a DALTON-törvény határozza meg:

$$y_A = \frac{p_A^0}{P}, \quad y_B = \frac{p_B^0}{P}$$

- A ledesztillált B/A komponens-mólarány:

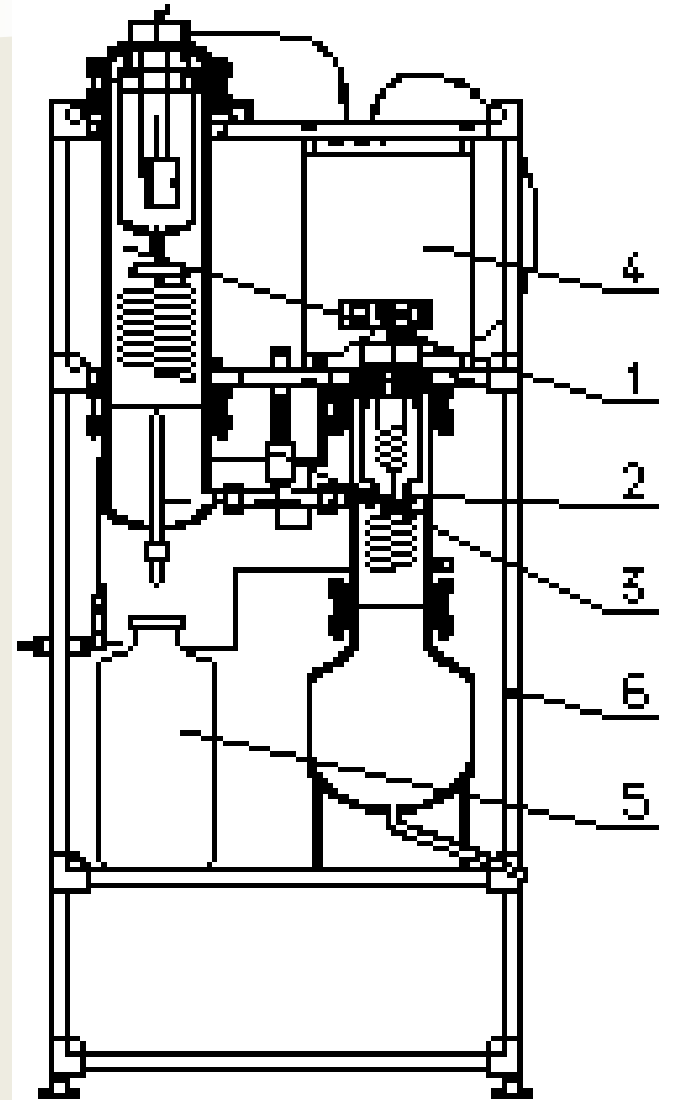
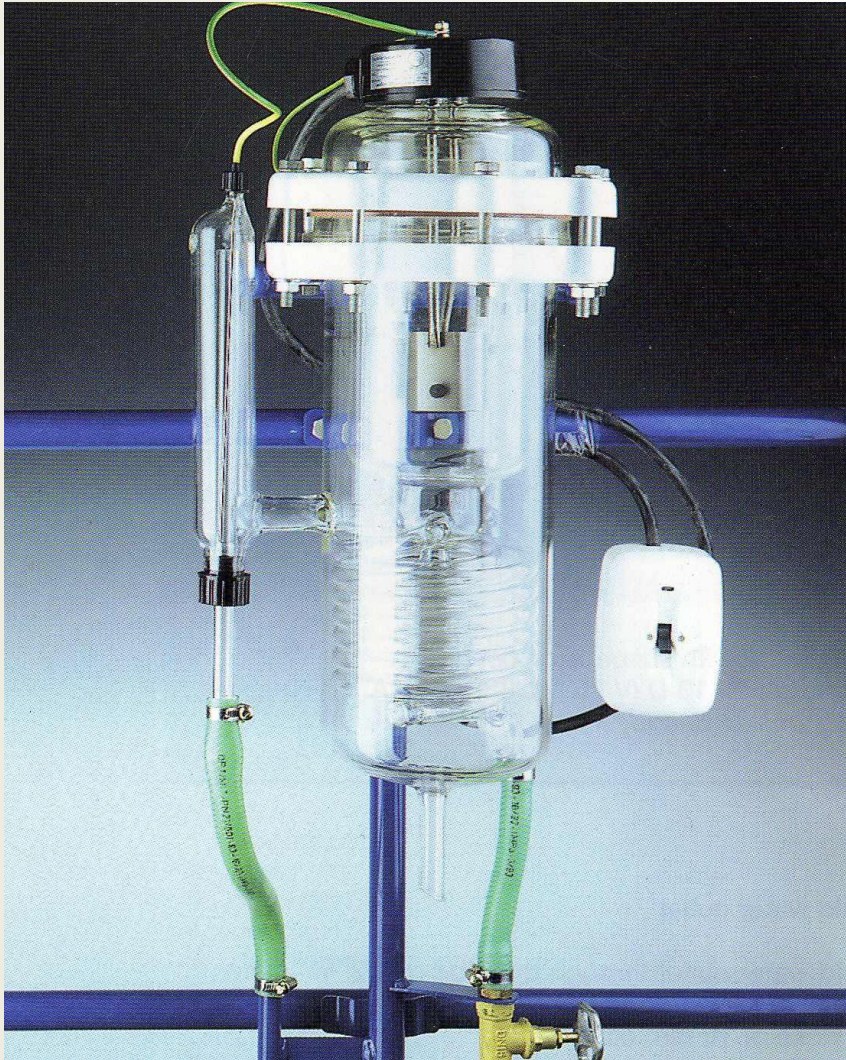
$$\frac{n_B}{n_A} = \frac{p_B^0}{p_A^0}$$

Simax desztilláló

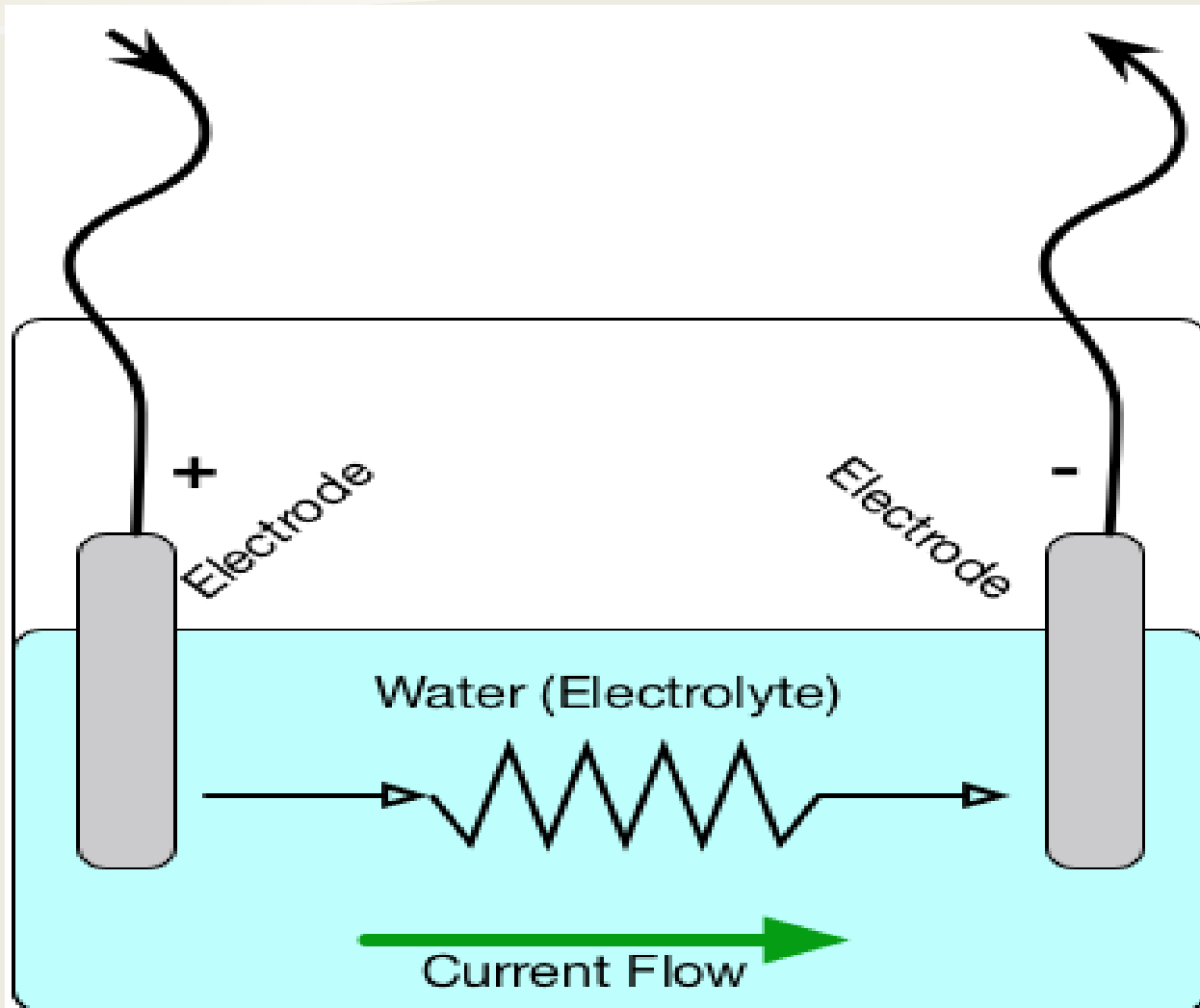
IDPE4Z

/

BIDESZTILLÁLÓ



Joule fűtés (Ohmi fűtés)



Hőelvonás / hűtés

Hőelvonás vagy hűtés alkalmazása:
az alapanyagok és készítmények tárolása
lepárlás
kristályosodás,
fagyasztva szárítás,
különböző adagolási formák előállítása
kondenzálás,
csökkenti az oldhatóságot.

Hőelvonás / hűtés

Az alkalmazott hűtési média tulajdonságai :

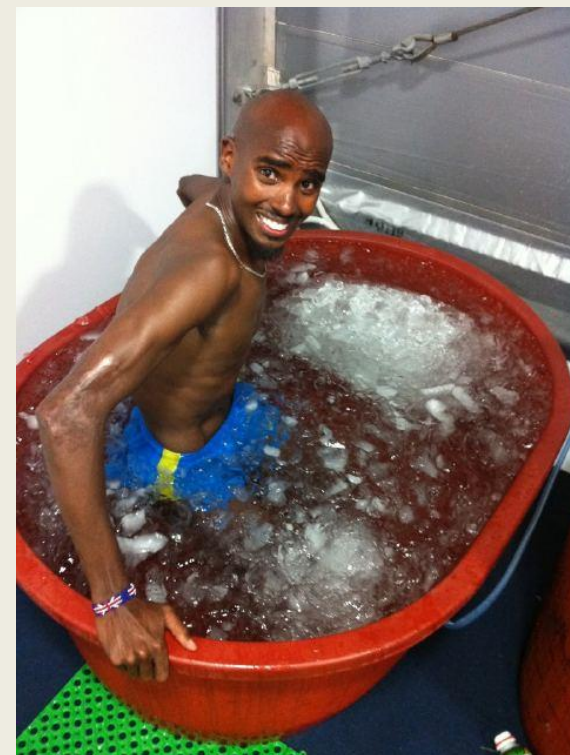
- nem mérgező,
- környezetvédelmi szempontból nem káros,
- nem gyúlékony és robbanásveszélyes,
- nagy párolgási hője,
- gőz fajlagos térfogata alacsony,
- párolgás a légköri nyomáson kicsi,
- alacsony viszkozitású,
- nem drága,
- Nincs kellemetlen szag ,
- nem okoz korróziót.

Hőelvonás / hűtés

Cooling medium	Composition (m/m%)	Achievable temperature (°C)
Dry ice		-79
Dry ice—aceton		-86
Dry ice—ether		-100
Liquid air		-187
Liquid nitrogen		-195,8
Liquid helium		-268,6
NaCl—ice	23,5 : 6,5	-40-70
NH ₄ Cl—ice	19: 81	-21,2
CaCl ₂ —ice	59 :41	-15,8
36% HCl—ice	25 : 75	-54,9

Hőelvonás / hűtés

Hűtőfürdő



Hőelvonás / hűtés

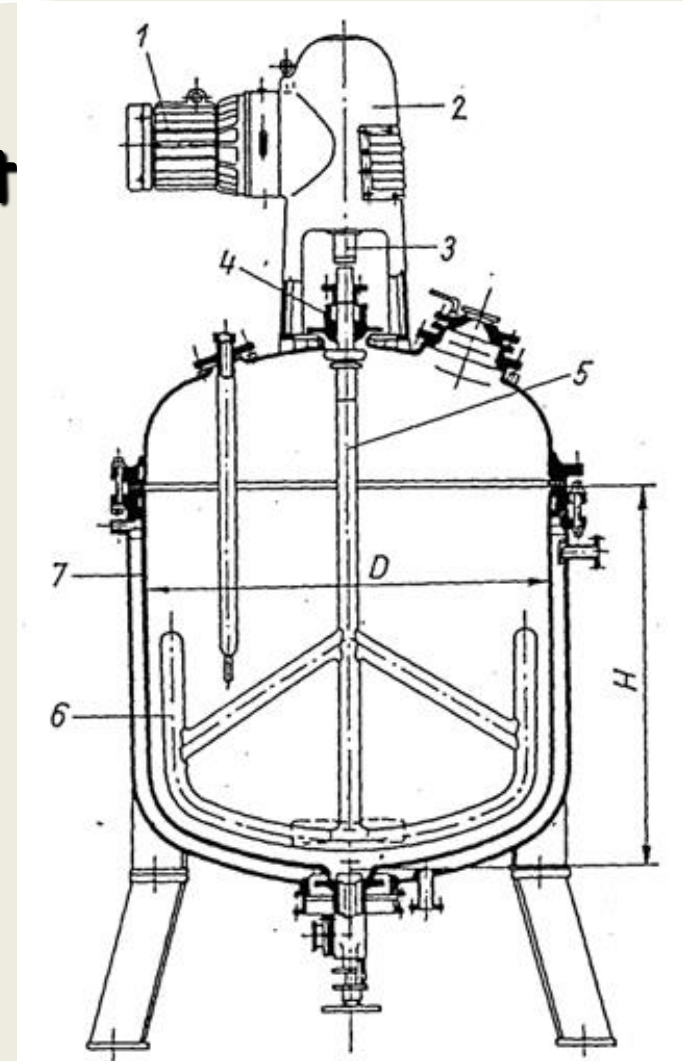
Gyógyszerészetben:



Hőelvonás / hűtés

Iparban:

A kenőcsök hűtését és keverését szabályozva kell végrehajtani (gyakran duplikátor).



Tárolás

■ Szobahőmérséklet (15-25° C):

- hűtve 8-15 ° C : *Mucuses*, *syrups*, *ointments*
- Hungarian Pharmacopoeia (Ph. Hg. VII)



Tárolási hőmérséklet

• **-2-8 ° C** Szabvány szerinti inzulin készítményeket és szemcseppeket hűtőszekrényben kell tartani Fonó.

• **-15 C°** alatt: *Oculogutta rifampicini FoNoVII.*



Tárolási hőmérséklet

Hűtő helységek



Köszönöm a figyelmet