

# SUBSTANTZIA PURUEN FASE-OREKA

1. FASE-ALDAKETAK
2. LIKIDO-BAPORE OREKA
  - 2.1. Lurrun-presioa
  - 2.2. Irakite-tenperatura
  - 2.3. Likido-bapore orekaren termodinamika
  - 2.4. Tenperatura kritikoa
3. SOLIDO-LIKIDO OREKA
4. SOLIDO-BAPORE OREKA
5. FASE-DIAGRAMA

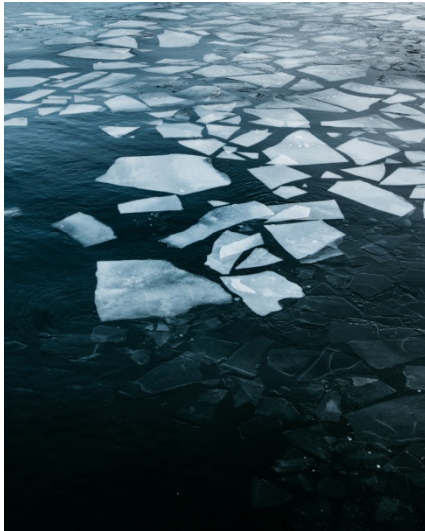
*Erreferentziarik gabe agertzen diren irudiak eta grafikoak propioak dira*



## Substantzia bakarreko sistemen fase-oreka

Gai honetan solido, likido eta gas faseen arteko transformazioak aztertuko dira.

Substantzia batek fase batetik bestera aldatzerakoan jasaten duen transformazioa fase-trantsizio edo -aldaketa bezala ezagutzen da.

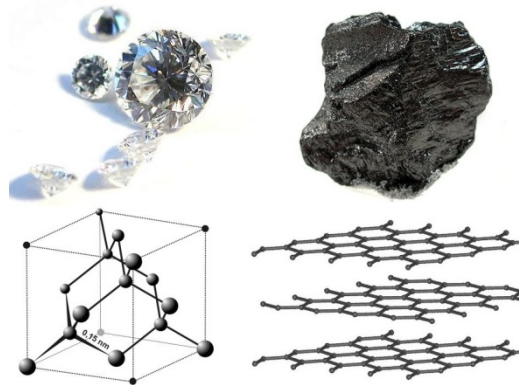


izotza → ura (solido-likido oreka)

ura → ur-lurruna (likido-bapore oreka)

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:GraphitGitter4.png>

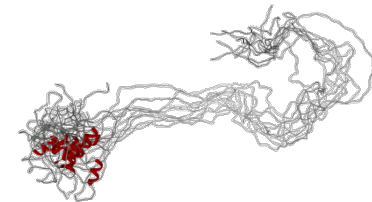
Hona hemen eguneroko bizitzan ohikoak diren zenbait fase-aldaketa. Guztietan bi faseak orekan aurkitzen dira (konposizioa aldatu barik).



diamantea → grafitoa  
(solido-solido oreka)

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Diamond\\_and\\_graphite2.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Diamond_and_graphite2.jpg)

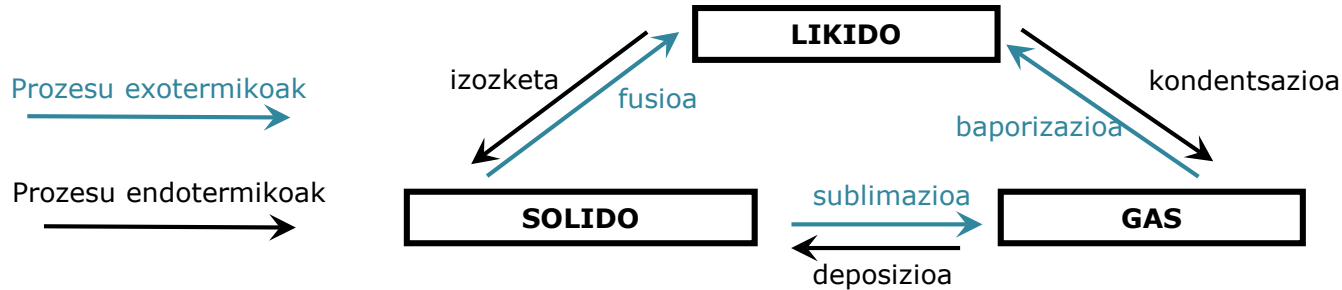
Grafitoaren hauskortasuna handia da, bere ordenamendu molekular bidimentsionala eta xaflakorra dela eta. Baina presio handien eraginpean diamantea den kristal hauskaltzean transformatzen da, egitura hirudimentsionala duena.



Proteinen desnaturalizazioa

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Amelogenin\\_protein\\_disorder\\_intrinsically\\_unstructured\\_protein\\_MODELLER\\_Kozlowski\\_when\\_used\\_cite\\_PMIID\\_22624656.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Amelogenin_protein_disorder_intrinsically_unstructured_protein_MODELLER_Kozlowski_when_used_cite_PMIID_22624656.png)

## 1. FASE-ALDAKETAK



Bi **faseen arteko oreka** eskuratzen da bien arteko konbertsio-abiadurak berdinak direnean norantza bietan. Abiadurak berdinak dira  $\Delta G$  (energia askearen aldakuntza) minimoa denean fase bakoitzean eta aldatzeko tendentziarik ez dagoenean.

**Fase-aldaketak** gertatzeko beharrezkoa da **energia transferentziak** gertatzea, normalean **bero** eran, tenperatura aldaketak direla medio. Beroaren (edo energiaren) transferentziak sistemaren **energia zinetiko edo/eta energia potentziala** alda dezake.

### Beroa:

**E zinetikoa:** partikulen mugimendua

**E potentziala:** partikulen arteko distantzia

**Energia zinetikoa** tenperaturarekiko proportzionala da, eta **partikulen mugimenduari** (traslazio/bibratio/errotazio) dagokio. **Energia potentziala** aldiz, **molekulen indar intermolekularraren** araberakoa izango da eta tenperatura konstante mantenduz, energia edo beroa indar hauek gainditzeko erabiliko da, fase-aldaketa ahalbidetuz.

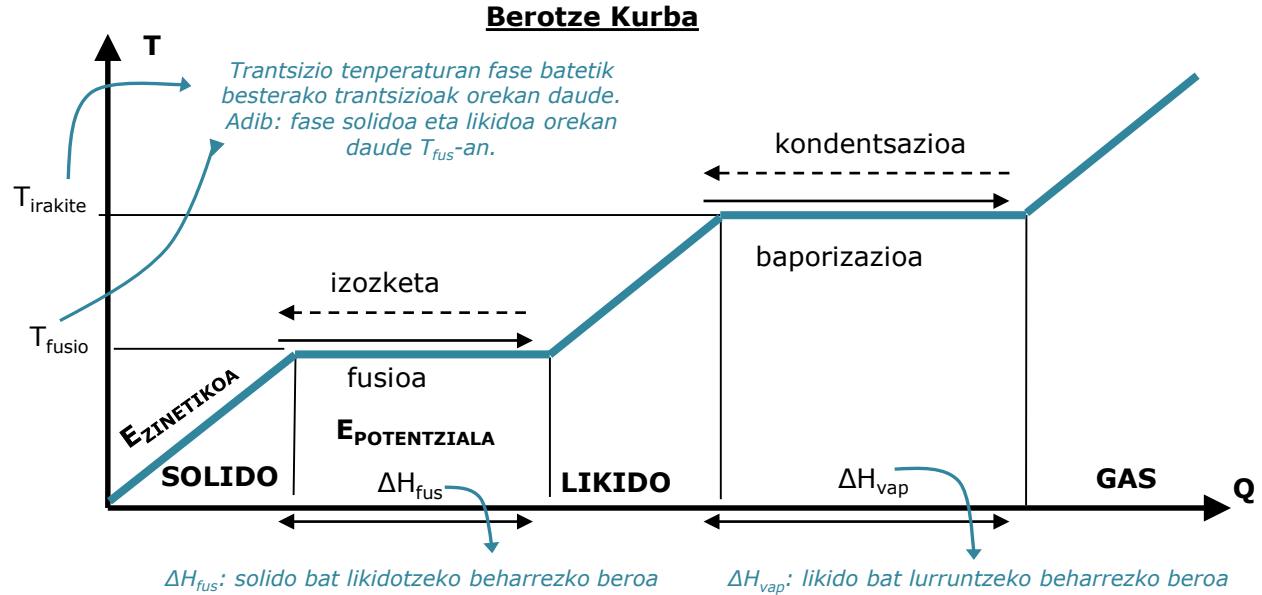
## 1. FASE-ALDAKETAK

Substantzia baten **berotze-kurba** sistemari emandako beroaren arabera substantziaren temperatura nola aldatzen den adierazten duen irudikapen grafikoa da, eta gerta daitezkeen aldaketak eta transformazioak agerian geratzen dira.

Ondoko irudian ustezko substantzia baten berotze-kurba agertzen da. Irudikatutakoa berotze-kurba arruntena izan arren, ez dira prozesu guztiak agertzen. Adibidez, sublimazio prozesua ez dago islatuta eta horren arrazoa aurrerago azalduko da.

Solido bat berotzerakoan bere temperatura igoko da eta ondorioz, bere **energia zinetikoa** handiagotuko da, molekulen mugimendua handiagotuz. **Fusio temperaturara** ailegatzerakoan emandako beroa **energia potentziala** handiagotzeko erabiliko da, hau da, temperatura konstante mantenduz energia molekulen arteko **kohesio indarrak gainditzeko** erabiliko da, **fase-aldaketa** ahalbidetuz, solidotik → likidora. Fusio temperaturan fase solidoa eta likidoa orekan daude, eta  $\Delta H_{fus}$  solidoa likidotzeko behar den beroa da.

Gogoratu: fase-trantsizioak temperatura eta presio espezifikoetan gertatzen dira, eta sustantziaren purutasunaren menpekoak dira. Adib: itsasoko ura ur-purua baino temperatura baxuagoan izozten da.

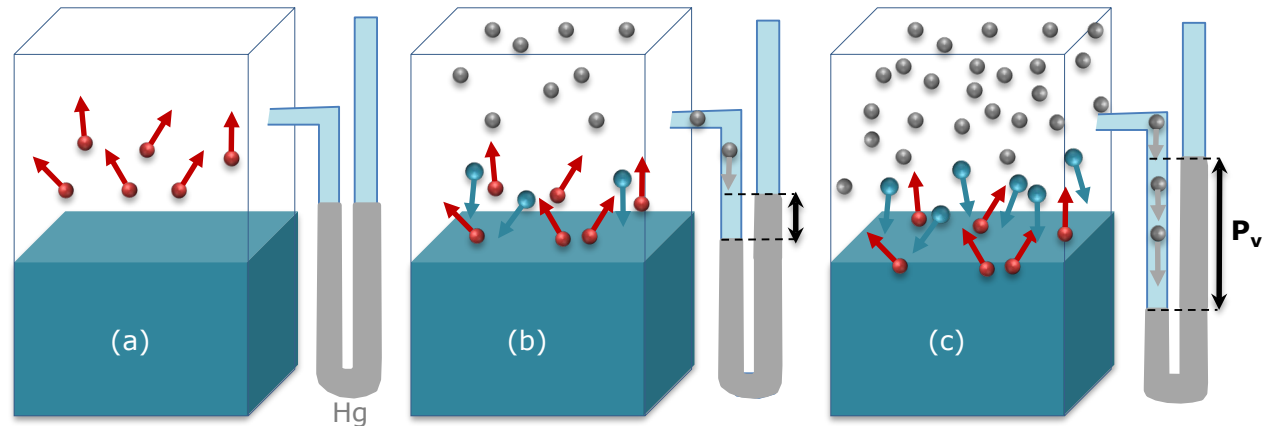


## 2. LIKIDO-BAPORE OREKA

### 2.1. Lurrun-presioa ( $P_v$ )

- Molekulak lurrun egoeran
- Molekulak baporizatzen
- ← Molekulak kondentsatzen

Demagun likido masa bat ontzi itxi batean sartzen dela eta hutsa egiten da. Hutsa egin ondoren presioa igotzen hasten da presio zehatz bat lortu arte. Hortik aurrera sistemaren presioa konstante mantentzen da.

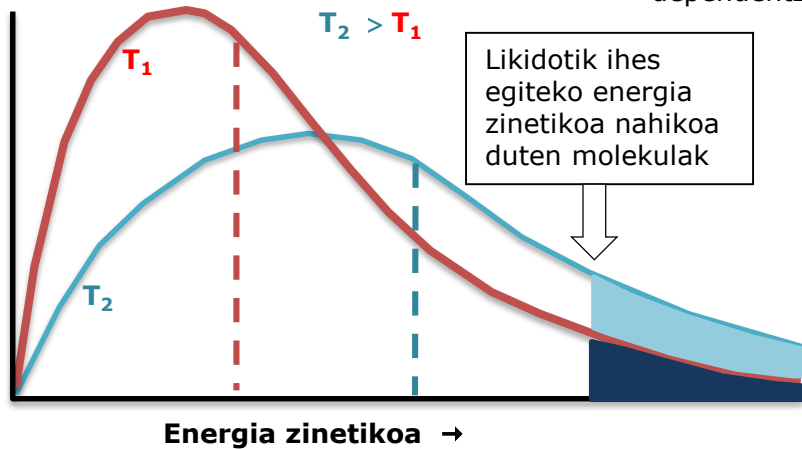


- (a) Ur-gainazaleko molekulak indar ahulagoen bidez loturik egonik gas-fasera errazago egiten dute alde, hondoan daudenekin aldaratuta. Molekulak gainazala uzten duten heinean baporea eratzen joango da (presioa igoko da).
- (b) Baporizatzen diren molekulak gas- edo lurrun-fasea osatzen dute eta auzaz desplazatzen dira ontziko bolumenean zehar. Horietako batzuk ur-gainazalarekin topo egitean kondentsatu egiten dira, baina oraindik lurruntzen diren molekulen kopurua handiagoa da (presioa jarraitzen da igotzen).
- (c) Zenbat eta molekula gehiago lurrun fasean, probabilitate handiagoa ur-gainazalarekin topo egiteko, kondentsazio-prozesua areagotuz. Baporizatzen diren molekula kopuruaren abiadura kondentsatzen direnen berdina egiten denean esan daiteke fase likidoa eta baporea orekan daudela (presioa konstante mantentzen da).

## 2. LIKIDO-BAPORE OREKA

### 2.1. Lurrun-presioa ( $P_v$ )

#### Energia zinetiko zehatz bateko molekula zatikia



#### Zergatik lurruntzen dira molekula batzuk eta beste batzuk ez?

Honi erantzuna emateko → Maxwell Boltzman-en distribuzioa analizatuko dugu. Bertan, energia jakin bateko molekulen populazioa deskribatzen da, eta horren dependentzia temperaturaren aurrean.

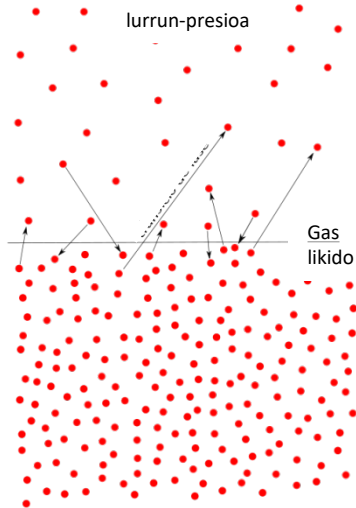
Temperatura baterako energia zinetiko zehatz bat duten molekulen zatikiaren bilakaera propioa izango da. Argi ikusten da  $T_1$  eta  $T_2$  temperetarako molekulen populazioaren distribuzioa ezberdina dela.

Molekulek energia zinetiko nahikoa behar dute likidotik ihes egin ahal izateko, eta hau faboratu egiten da temperatura igotzerakoan (ikusi  $T_2$  temperaturarako kurba).

Zenbat eta temperatura handiagoa izan beharrezko energia zinetikoa duten molekulen zatikia handiagoa da (ikusi kurbaren azalera handiagoa urdin argiz). Beraz, molekula kopuru handiagoa kohesio indarrak apurtu eta likidotik ihes egin ahal izateko.

## 2. LIKIDO-BAPORE OREKA

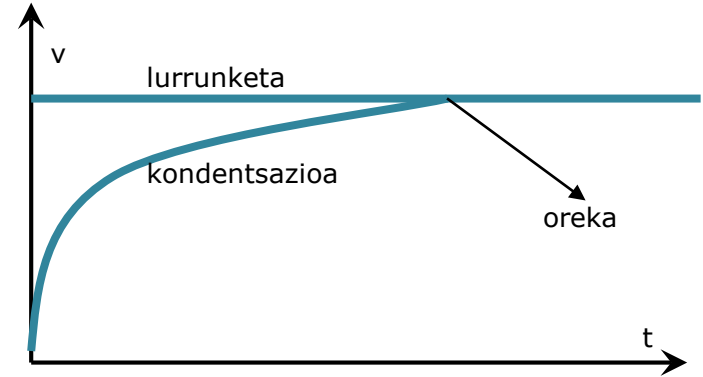
### 2.1. Lurrun-presioa ( $P_v$ )



#### Lurrun-presioa

Likidoa eta baporea orekan daudenean lurrunak egiten duen presioa

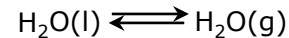
Lurrun fasean dauden molekulen kantitatea handiagotzen den heinean eskuragarriago egongo dira likidoaren gainazalarekin kontaktuan jartzeko eta kondentsatzeko. Azkenean, likidora itzultzen diren molekula kopurua segundoko alde egiten dutenen berdina egiten da.



Lurruntze abiadura = Kondentsazio abiadura

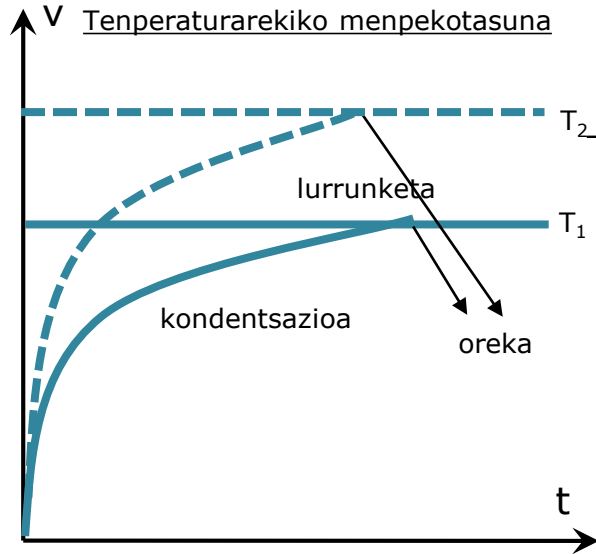
Baporea likidoa lurruntzen den abiadura berdinean kondentsatzen da, beraz Oreka Dinamikoa da.

*Adib: uraren oreka dinamikoa ur likidoa eta baporearen artean:*



## 2. LIKIDO-BAPORE OREKA

### 2.1. Lurrun-presioa ( $P_v$ )



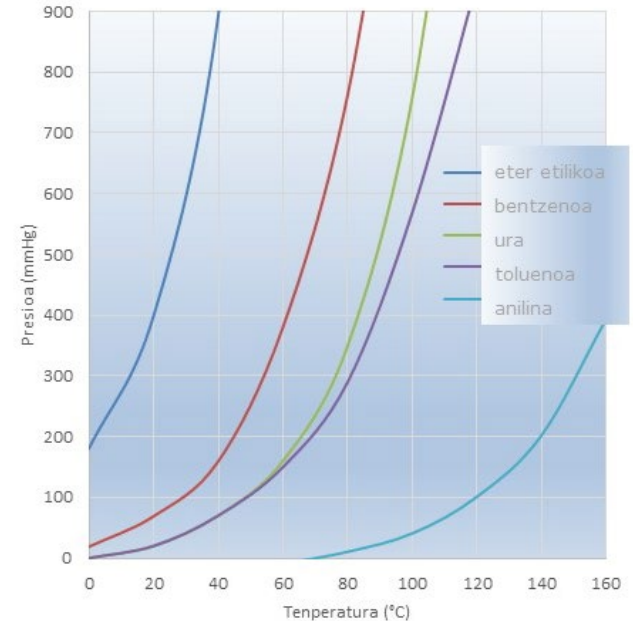
Likidotik ihes egiteko molekulen arteko indarrak gainditu behar dira, eta hori gertatzen deneko abiadurak likido horren bapore presioa zehaztuko du.

Zenbat eta temperatura altuagoa, energia gehiago eskuragarri erakartze indar horiek gainditzeko, beraz, bapore presioa handiagoa izango da.

$T_2 > T_1$  izanik, oreka azkarrago eskuratuko da.

a)-tik e)-ra molekulen arteko indar sendotzen doaz. Zenbat eta kohesio indar handiagoak zailago lurruntzea eta beraz, bapore presio txikiagoak. Molekulen arteko indarrak ahulak direnean, a) konposatuan esaterako, lurrun-presio handiak lortzen dira temperatura txikietan.

### Naturarekiko menpekotasuna



1. Adibide



## 2. LIKIDO-BAPORE OREKA

### 2.2. Irakite-tenperatura

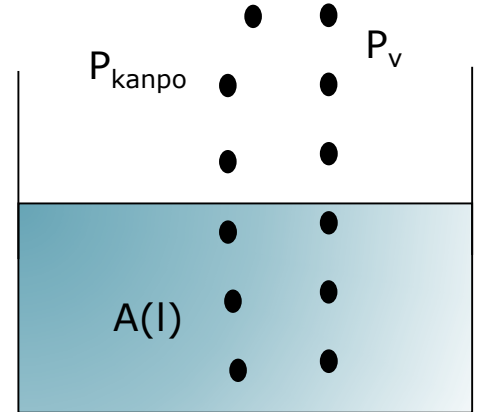
Lurrun presioa kanpoko presiora berdintzen deneko tenperaturari, irakite-tenperatura deritzo.

Irakite-prozesuan fase likidoa egoera gaseosora eraldatzen da prozesu fisiko baten bitartez. Likidoa irakiten dagoenean barneko partikulak ere lurruntzen dira. Baina, noiz ematen da transformazio hau? Likido osoaren tenperatura likido beraren irakite-tenperaturara berdintzen denean presio jakin batean.

Irakite prozesua gerta dadin lurrun presioa eta kanpoko presioa berdinak izan behar dira.

Demagun A sustantzia likidoa sistema ireki batean dagoela, presio atmosferikoan, eta berotu egiten da, gutxinaka tenperatura igoaraziz. Tenperatura igotzen doan heinean likidoaren lurrun-presioa handiagotuz joango da, kanpoko presiora berdindu arte.

Momentu honetan, materia likido izatetik lurruna edo baporea izatera pasatuko da, irakite-puntua finkatuz. Behin irakite-prozesua hasitakoan likido osoan tenperatura konstante mantenduko da.



**Irakite-prozesuan:** lurrun presioa ( $P_v$ )= kanpoko presioa ( $P_{kanp}$ )

$$T^{\circ}_{ira}(\text{H}_2\text{O}) = 100\text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow P_v(\text{H}_2\text{O}, 100\text{ }^{\circ}\text{C}) = 1\text{ atm}$$

$$T^{\circ}_{ira}(\text{EtOH}) = 178,5\text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow P_v(\text{EtOH}, 78,5\text{ }^{\circ}\text{C}) = 1\text{ atm}$$

**Irakite-tenperatura normala:** aplikatutako presio totala 1 atm-koa deneko irakite-puntuari irakite-tenperatura normala deritzo. Edo, likidoaren bapore-presioa 1 atmosferaren berdina deneko tenperatura.

Konposatu bakoitzak irakite-tenperatura espezifiko bat dauka. Bere naturarekin zuzenki erlazionaturik dagoen propietatea da irakite-puntua, eta konposatuaren ezaugarri molekularren arabera aldatuko da.

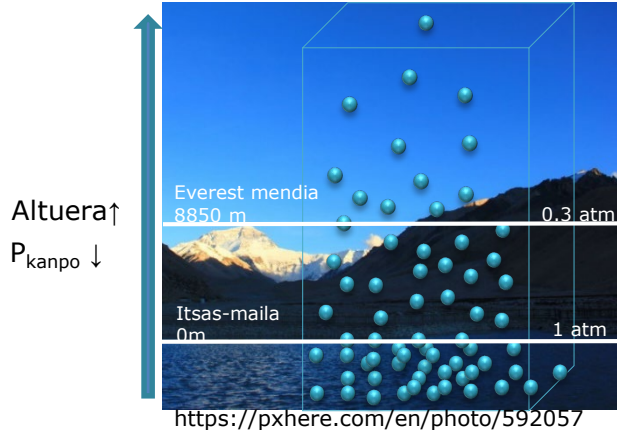
## 2. LIKIDO-BAPORE OREKA

### 2.2. Irakite-temperatura

Zenbat eta  $P_{kanpo}$  handiagoa izan temperatura handiagoa beharko da lurrin presioa eta kanpo-presio berdintzeko  $P_v = P_{kanpo}$

beraz

Zenbat eta  $P_{kanpo}$  handiagoa izan  $T_{ira}$  handiagoa da:



$-P_{kanpo}$  txikia  $\rightarrow T_{ira}$  txikia

*Adib: Everest gailurrean  $T_{ira}(ura) \approx 70^\circ\text{C}$*

• Presio atmosferikotik behera ( $P < 1 \text{ atm}$ ) denbora gehiago janariak egosteko

$-P_{kanpo}$  handia  $\rightarrow T_{ira}$  handia

*Adib: Itsas hondoon -20 m-ko sakoneran*

$T_{ira}(ura) \approx 120^\circ\text{C}$

• Presio atmosferikotik gora ( $P > 1 \text{ atm}$ ) denbora gutxiago behar da janariak egosteko

- Zenbat eta altitude handiagoa molekula gutxiago, eta beraz presioaren gaineko ekarpena txikiagoa.
- Zenbat eta altitude txikiagoa molekula kopurua handiagoa da, eta eragindako presioa handiagoa.

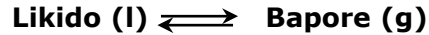
$P_{kanpo}$ (mmHg)	$T_{ira}$ ( $^\circ\text{C}$ )
17,5	20,0
55,3	40,0
149,4	60,0
355,1	80,0
760,0	100,0
1489,1	120,0

Taulan kanpoko presioa eta irakite temperaturaren arteko erlazioa zuzenki proportzionala dela ikus daiteke.

### 2. Adibidea

## 2. LIKIDO-BAPORE OREKA

### 2.3. Likido-bapore orekaren termodinamika



Prozesu honen Gibbs-en energia askea:

$$\Delta_{\text{vap}}G = \Delta_{\text{vap}}G^\circ + RT \ln P$$

**Orekan:**  $\Delta_{\text{vap}}G = 0$

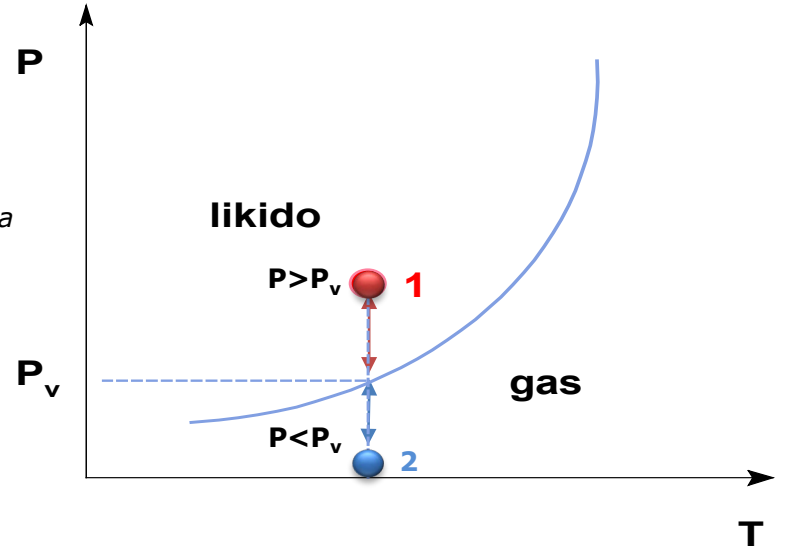
$$\Delta_{\text{vap}}G^\circ = -RT \ln K$$

$$K = \frac{P_{\text{produktu}}}{[\text{Erreaktibo}]} \quad K = P_{\text{produktu}}$$

*Likidoa gasarekin orekan dagoenean honek egiten duen presioa lurrundu presioaren berdina denez,  $K = P_v$*

$$\Delta_{\text{vap}}G^\circ = -RT \ln P_v$$

*Erreaktiboa likido purua denez, ez du orekako adierazpenean parte hartzen*



**Bi adierazpenak bateratuz:**

$$\Delta_{\text{vap}}G = \Delta_{\text{vap}}G^\circ + RT \ln P$$

$$\Delta_{\text{vap}}G^\circ = -RT \ln P_v$$

$$\Delta_{\text{vap}}G = RT \ln \frac{P}{P_v}$$

Temperatura zehatz batean sustantzia jakin bat **lurrundu** edo **kondentsatu** egingo den esango digu

- (1)  $P > P_v \rightarrow \Delta_{\text{vap}}G > 0$  gas  $\rightarrow$  **likido** espontaneo**

**(2)  $P < P_v \rightarrow \Delta_{\text{vap}}G < 0$  likido  $\rightarrow$  **gas** espontaneo**

## 2. LIKIDO-BAPORE OREKA

### 2.3. Likido-bapore orekaren termodinamika

#### Temperaturaren eragina

Hurrengo bi adierazpenak konbinatuz...

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta_{\text{vap}}G^\circ = -RT\ln P_v \\ \Delta_{\text{vap}}G^\circ = \Delta_{\text{vap}}H^\circ - T \Delta_{\text{vap}}S^\circ \end{array} \right\} \quad \Delta_{\text{vap}}H^\circ - T \Delta_{\text{vap}}S^\circ = -RT\ln P_v$$

Likido baten bapore presioa igo egiten da temperatura handiagotzerakoan. Clausius-Clapeyronen ekuazioak likido baten **bapore presioa** eta **temperaturaren** arteko **menpekotasun kuantitatiboa** adierazten du.

$$\ln P_v = \frac{-\Delta_{\text{vap}}H^\circ}{RT} + \frac{\Delta_{\text{vap}}S^\circ}{R}$$

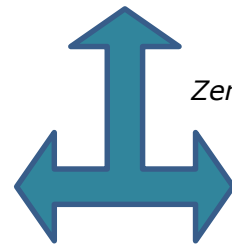
#### Clausius-Clapeyron-en ekuazioa



$\ln P_v$  askatuz, sustantzia baten bapore presioa aurrean dezakeen adierazpena lortu

Zer kalkulatu daiteke ekuazio hau erabiliz?

$T$  desberdinetan  $P_v$  ezagutuz  $\Delta_{\text{vap}}H^\circ$  kalkulatu

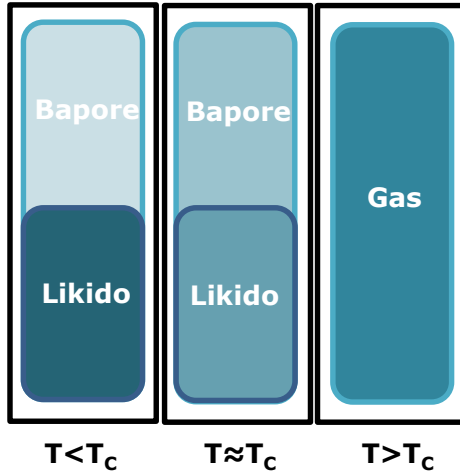


$\Delta_{\text{vap}}H^\circ$  ezagutuz  $T$  desberdinetan  $P_v$  kalkulatu

$$\ln \frac{P_v(T_1)}{P_v(T_2)} = \frac{-\Delta_{\text{vap}}H^\circ}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

## 2. LIKIDO-BAPORE OREKA

### 2.4. Temperatura kritikoa



**Temperatura kritikoa:** gasa likidotu ezin deneko tenperaturari deritzo, puntu horrretarik aurrera ( $T > T_c$ ) ezinezkoa izango da gas bat likido bihurtzea.

T jakin batean  $d(l) \approx d(g)$  eta likidoaren **gainazal tentsioa**  $\approx 0$  da. Gasa eta likidoa ez dira bereizten, fase bakar bat osatzen dute. Hau gertatzen deneko tenperatura: tenperatura kritikoa ( $T_c$ ) da.

#### $T > T_c$ eta $P > P_c$ : Fluido Superkritikoak

-Disolbatzaile oso onak dira, izan ere gasak izanik likidoen propietateak mantentzen dituzte, azken hauen dentsitate berdintsuak azalduz.

-Adib:  $CO_2$  fluido superkritikoak kafeina disolbatzen du.

#### T handitzerakoan:

$P_L(l)$  gehitu, gero eta molekula gehiago egongo baitira gas fasean. Beraz, likidoaren dentsitatea ( $d_{likido} \downarrow$ ) gutxituz joango da, gasaren dentsitatea ( $d_{gas} \uparrow$ ) igotzen doan bitartean. Ondorioz, likidoaren gainazal-tentsioa gutxitzen joango da, eta tenperatura kritikoa bi faseen arteko banaketa desagertu egingo da, ez dira ezberdinduko

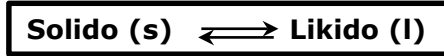
$T > T_c$  denean molekulen  $\bar{E}_{zinetiko}$  handia da, eta erakartze indarrak ez dira nahikoak likido egoeran mantentzeko

Substantzia baten erakarpin-indarrak zenbat eta handiagoak izan  $T_c$  handiagoa izango da

$T_c \ll 25^\circ C$  duen substantzia gas iraunkorra deitzen da, zeren inguruko tenperaturan ezin da likidotu.

#### 3. Adibidea

### 3. SOLIDO-LIKIDO OREKA



$T = T_{\text{fus}} \text{ edo } T_{\text{izoz}}$   
 Fusio/izozte tenperatura  $\rightarrow$  sustantzia baten fase solidoa eta likidoa orekan aurkitzen direneko tenperaturari deritzo.

$\Delta_{\text{fus}}H$ : fusio-entalpia  
 Solido bat presio konstantean urtzeko beharrezko energiari fusio-entalpia deritzo.

*Likido bat solidotu (izoztu) egingo da, baldin eta hau osatzen duten molekulen energiak oso txikiak direnean eta ez direnean gai ondoko molekulen mugetatik kanpo desplazatzeko. Solido batean molekulak bere batezbesteko posizioen inguruan bibratzen dute, baina arraroa da leku batetik bestera desplazatzea.*

$\Delta T_{\text{fus}}$ : fusio-tenperaturaren aldaketa  
 $\Delta P$ : presio aldaketa  
 $\Delta_{\text{fus}}H$ : fusio-entalpia  
 $\Delta V_{\text{fus}}$ : fusio prozesuan gertatzen den bolumen aldaketa

$$\Delta T_{\text{fus}} = \frac{T_{\text{fus}} \Delta V_{\text{fus}}}{\Delta_{\text{fus}} H} \Delta P$$

Clapeyron-en ekuazioa

**Presioaren eragina** (txikia): solidoak eta likidoak nahiko konprimaezinak direlako eta, ondorioz, prozesuan bolumen-aldaketa txikia da.

**Fusio-tenperatura oso gutxi aldatzen da presio-aldaketarekin...**

### 4. Adibidea

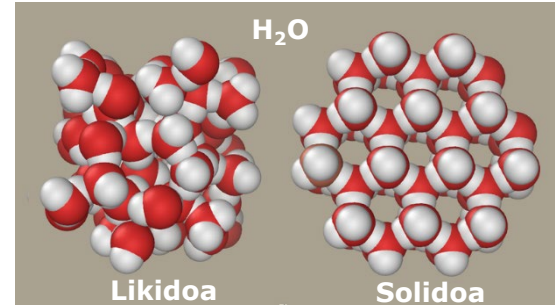
### 3. SOLIDO-LIKIDO OREKA

**Solido (s)  $\rightleftharpoons$  Likido (l)**

$$\Delta T_{\text{fus}} = \frac{T_{\text{fus}} \Delta V_{\text{fus}}}{\Delta_{\text{fus}} H} \Delta P$$

**Clapeyron-en ekuazioa**

$\Delta_{\text{fus}} H > 0$  fusio-prozesua **endotermikoa** da, beroa behar baita solido bat urtzeko  $\rightarrow$  **Energia potentziala** kohesio indarrak apurtzeko.



[https://en.wikipedia.org/wiki/Ascalaph\\_Designer](https://en.wikipedia.org/wiki/Ascalaph_Designer)

**a)  $\Delta V > 0$  (likidoaren dentsitatea < solidoarena):**

**Solidoaren fusio-tenperatura presioarekin igotzen da**

- Sustantzia gehienentzat molekulak trinkoago paketatuago daude fase solidoan likidoan baino.
- Beraz, dentsoagoa den fase solidoak bolumen gutxiago okupatuko du, hau da,  $V_L - V_S > 0$  eta  $\Delta_{\text{fus}} H > 0$  izanik  $\rightarrow P \uparrow \rightarrow \Delta T_{\text{fus}} \uparrow$
- Aplikatutako presioak molekula elkartuago mantentzea dakar, eta beraz, T altuak behar dira presioan dagoen solido bateko molekula banatu ahal izateko.

**Solido gehienak presiopean jartzean T altuagotan** likidotzen dira.

**b)  $\Delta V < 0$  ( $H_2O$ ): (likidoaren dentsitatea > solidoarena):**

**Presioa igotzean solidoaren fusio-puntua jaisten da**

- Uraren kasuan molekulak trinkoago paketatuago daude fase likidoan solidoan baino.
- Beraz, dentsoagoa den fase likidoak bolumen gutxiago betetzen du:  $V_L - V_S < 0$  eta  $\Delta_{\text{fus}} H > 0$  izanik  $\rightarrow P \uparrow \rightarrow \Delta T_{\text{fus}} \downarrow$
- Aplikatutako presioak molekula elkartuago mantentzea dakar, eta beraz, likidoa faboratuko da H zubiak kolapsatuz.
- Izotzean dauden ur-molekulak errazago banatuko dira zenbat eta presio handiago aplikatu,  $T_{\text{fus}}$  txikiagoa izanez.

**Ura presiopean jartzean T baxuagotan** likidotzen da. *Adib: glaziarren mugimendua edo izotzaren gainean irrist egitea.*

#### 4. SOLIDO-BAPORE OREKA



$T = T_{\text{sub}} \text{ edo } T_{\text{deposiz}}$  (sublimazio-puntua)

Solidoaren lurrun-presioa kanpoko presiora berdintzen deneko tenperatura.

**Solidoen lurrun-presioa,  $P_v(s)$ :** solido eta baporea orekan daudenean lurrunak egiten duen presioa.

$$\ln P_v(\text{soldo}) = \frac{-\Delta_{\text{sub}}H^\circ}{RT} + \frac{\Delta_{\text{sub}}S^\circ}{R}$$

Beraz,  $\ln P_v(s)$  modu bortitzagoan igoko ta tenperatura handitu ahala

$$\begin{cases} \Delta_{\text{sub}}H^\circ = \Delta_{\text{fus}}H^\circ + \Delta_{\text{vap}}H^\circ \text{ denez} \\ \Delta_{\text{sub}}H^\circ > \Delta_{\text{vap}}H^\circ \end{cases}$$

$\Delta_{\text{sub}}H$ : sublimazio-entalpia

Solido bat presio konstantepean lurruntzeko beharrezko energiari sublimazio-entalpia deritzo.

Solidoen lurrun-presioa tenperaturarekin gehiago igotzen da likidoena baino → Zergatik?

**Gogoratu!** Sublimazio-entalpia, **fusio-entalpia** eta **baporizazio-entalpien** konbinazioaz adieraz daitekeela

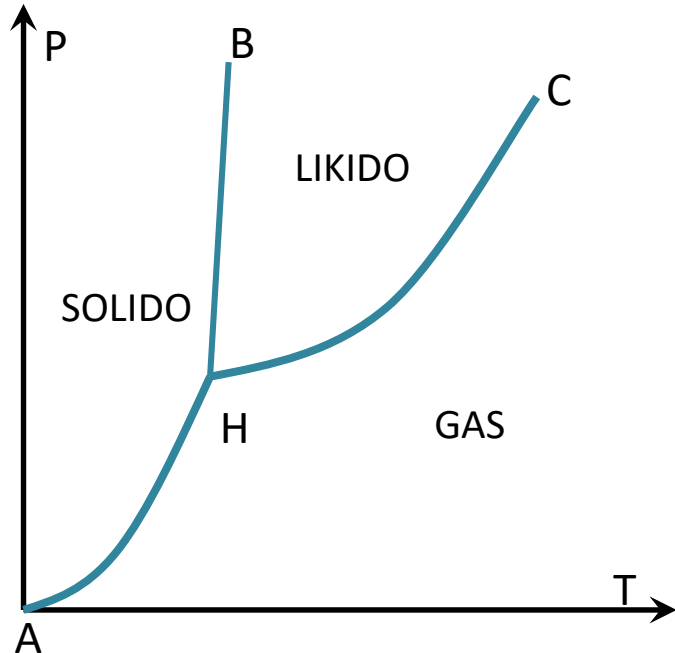
Eta **energia gehiago** behar dela sustantzia bat **lurruntzeko** fase **solidotik** hasita ( $\Delta_{\text{sub}}H$ ), **likidotik** ( $\Delta_{\text{vap}}H$ ) abiatuta baino

#### 5. Adibidea



## 5. FASE-DIAGRAMA

**Fase-diagrama** presio eta tenperatura jakin batean egonkorrena den fasea aurkezten duen mapa da.



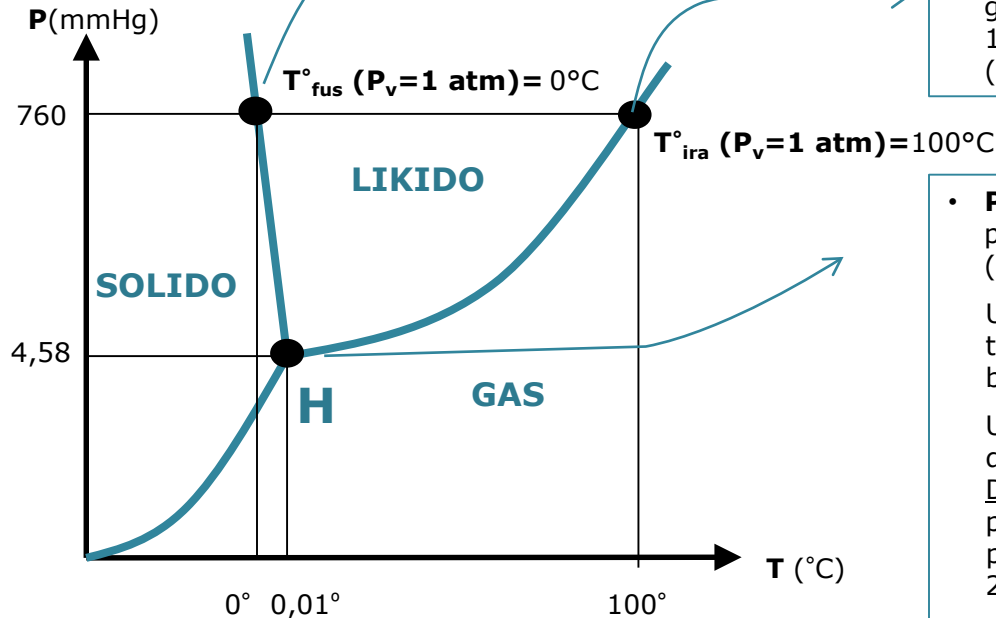
“**Solido**” bezala markatutako eskualdeko edozein puntutan → fase solidoa egonkorrena izateko beharrezko baldintzak biltzen dira, eta berdin “**Likido**” eta “**Gas**” eskualdeen kasuan.

Eskualde ezberdinak banatzen dituzten lerroei “**fase-muga**” (urdinez) deritze. Bi eskualdeen arteko mugaren gaineko edozein puntutan bi fase mugakide aldi berean egongo dira oreka dinamikoan.

- A-H: solido-bapore** oreka → Solido-bapore muga → solidoaren  $P_L$  tenperaturaren funtzioan (kasu honetan  $T_{sub}$ ) nola aldatzen den adierazten duen grafikoa da  
 $P_{V(solido)} T_{sub}$
- H-C: likido-bapore** oreka → Likido-bapore muga → likidoaren  $P_L$  tenperaturaren funtzioan (kasu honetan  $T_{ira}$ ) nola aldatzen den adierazten duen grafikoa da  
 $P_{V(likido)} T_{ira}$
- H-B: solido-likido** oreka → Lerro ia bertikala → solidoa eta likidoa aldi berean orekan existitzen direneko P eta T-en balioak ematen ditu. Hots,  $T_{fus}$  nola aldatzen den presioarekin.  
 $T_{fus}$  lerro ia bertikala
- H: puntu hirukoitza** hiru faseak orekan → Puntu hirukoitzak hiru fase oreka egoteko baldintza bakarrak (presio eta tenperatura finkoak) adierazten ditu.

## 5. FASE-DIAGRAMA

## Uraren fase-diagrama



**Fusio puntua** jaitsi egiten da presioa handitzerakoan. Presioarekin fase likidoa egonkortzen da  $\rightarrow d_{\text{solido}} < d_{\text{likido}}$

- Puntu hau likido eta gas faseen arteko muga-lerroaren gainean kokatzen da. Horregatik uraren bapore presioa 100°C-tan 1 atmosferakoa dela baieztatu daiteke; T°<sub>ira</sub> (irakite temperatura normala) da.

- **Puntu hirukoitza** (s, l eta g orekan): sustantzia jakin baten puntu hirukoitzak hiru fase oreka egoteko baldintza bakarrak (presio eta temperatura finkoak) adierazten ditu

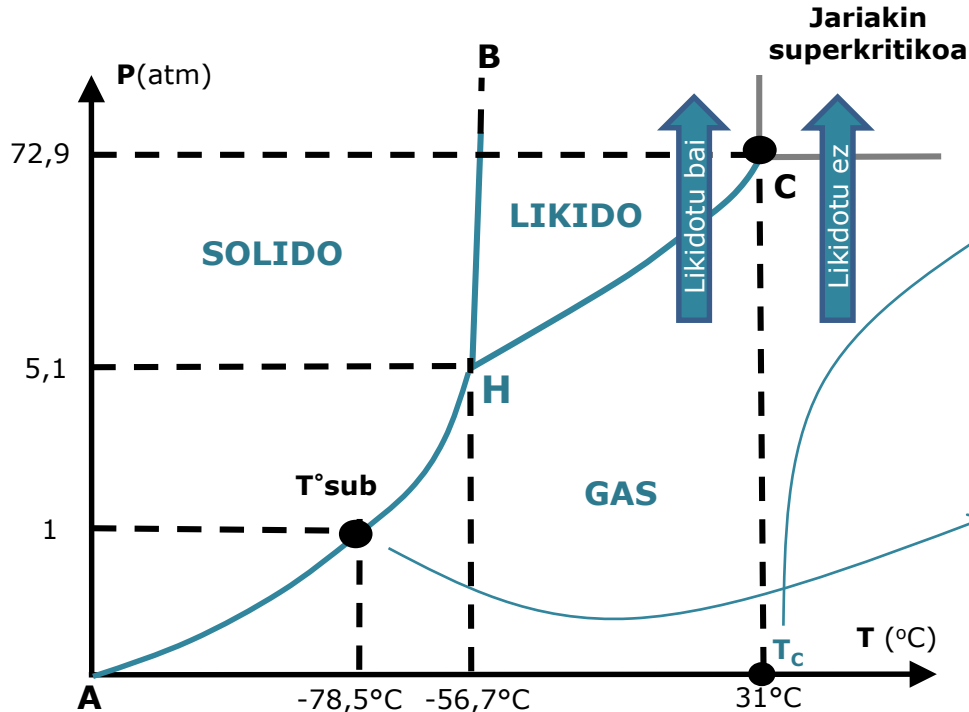
Uraren kasuan  $P_H = 4,6$  mmHg eta  $0,01^\circ\text{C}$ . Presioan edo temperaturan aldaketa txiki bat eragin ezkeroko faseetako baten galera suposatuko du.

Uraren puntu hirukoitza **Kelvin unitatetaren** balioa definitzeko erabiltzen da:

Definizioz:  $273,16 = 0,01^\circ\text{C}$  daude 0 absolutua eta uraren puntu hirukoitzaren artean. Uraren izozte puntu normala puntu hirukoitzaren  $0,01\text{K}$  azpitik kokatuta dagoenez,  $0^\circ\text{C} = 273,15\text{K}$ .

## 5. FASE-DIAGRAMA

**CO<sub>2</sub>-aren fase-diagrama**



- **H-B: solido-likido** oreka: malda oso handia (uraren kasuan baino aldapatsuagoa) →  $T_{fus}$  igo egiten da presioarekin. Beraz, fase solidoa egonkortu egiten da presioa handiagotzerakoan →  $d_{solido} > d_{likido}$
- **H-C: likido-bapore** oreka **C** puntuan amaitzen da → **Puntu kritikoa** →  $P_C$ , presio kritikoa eta  $T_C$ , temperatura kritikoa definitzen dira.
- **T<sub>C</sub>, temperatura kritikoa:** Gas nahaskor bat konpresioz likidotu daitekeen muga-tenperatura. Temperatura honen gaitik ezinezkoa da gas bat likidotzea presioa aplikatuz.
- Temperatura eta presio kritikotik gora existitzen den fluido dentsuari **"jariakin edo fluido superkritikoa"** deritzo.
- Puntu hau solido eta gas faseen arteko muga-lerroaren gainean kokatzen da. Horregatik CO<sub>2</sub>-ren bapore presioa -78,5°C-tan 1 atmosferakoa dela baieztatu daiteke; **T°sub** (sublimazio tenperatura normala) da.



## 6. Adibidea