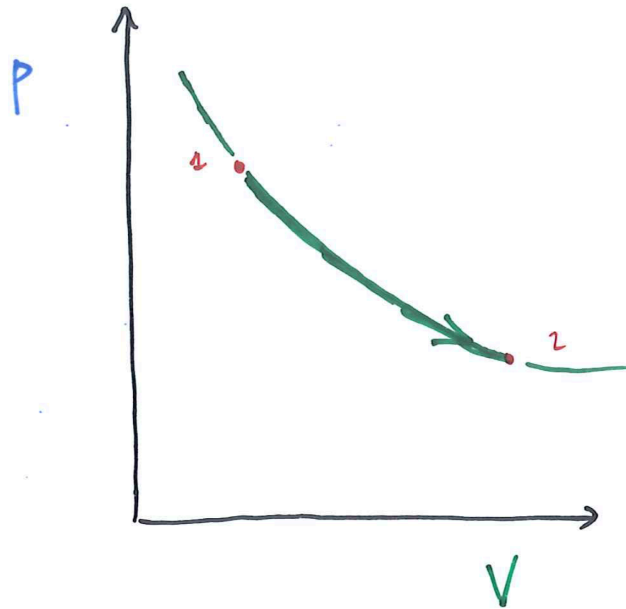


n (masa) konstantes "gen ideal" (ovindik definites)] 2 aditsem-gradute [mekanika] [termika] sisteme

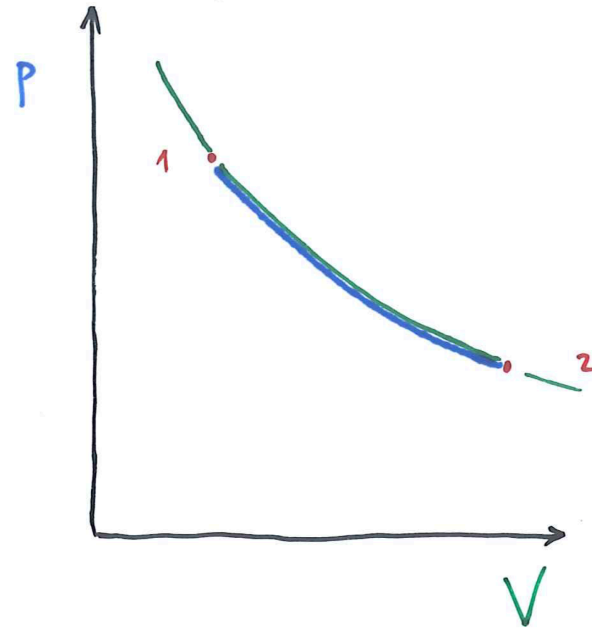
$pV = nRT$ [egera-ekvatio (mekanika)] *egama den informazio*



$p = p(V)$

$p = p(V)$ adierospenak sistema adierartzen du
 PROSESUARI BURUEKO informazioa dago
 zer modutan eraman den i-hk f-ra
 Kasu horietan $T = KTe$ egiten
 ah! Kasualitatez, eras erabil daitake
 sistema buruko informazioa
 egera-ekuatiora dopsone

prosemaen adierospena da: $p = \frac{KTe}{V}$



$p = p(V)$

$p = p(V)$ adierospenak egera-ekuatiora da (adierartzen du)
 SISTEMA BURUEKO informazioa dago

$pV = nRT \Rightarrow p = \frac{nRT}{V}$

barra kasu horietan $nRT = KTe$
 ↓ *erro sistema adierartzen du adierospenak*

$p = \frac{K}{V}$

← *formen beldinaz edukioa erlaidmak*

TERMODINAMIKAREN LEHENENGO PRINTZIBIOA

3.1-3.6 * LANA

- LANAREN KONZEPТУ OROKORRA : BARNE-LANA
KANPO-LANA : TERMODINAMIKAN
- LAN MEKANIKOA : SISTEMA HIDROSTATIKOA, SISTEMA BAKUNA
 - LANA
 - LANAREN ADIERAZPEN MATEMATIKOA : PROZESU INFINITESIMALA FINITOA
 - ZEINU-IRIZPIDEA
 - LANAREN ADIERAZPIDE GRAFIKOA
 - LANAREN EZAUGARRI OROKORRA
 - LANAREN BAKUOA PROZESU KUASIESTATIKOETAN
 - LANA SISTEMA KONPOSATUETAN
- BESTELAKO LAN-MOTAK : ELEKTRIKOA, MAGNETIKOA, ELASTIKOA, ...
 - LAN OSOA SISTEMA KONPOSATUETAN
- LANA OROKORREAN (X,Y)
- ADIBIDEAK

3.7-3.11

3.13

4.1-4.4 * BEROA

4.6

4.7

4.10

- SARPERA : HIRU ADIBIDE
- SISTEMA/INGURUENA BIKOTEA
- BEROAREN DEFINIZIO KALORIMETRIKOA
- - LAN ADIABATIKOA : SISTEMAREN DESKRIPZIOA
KONFIGURAZIO-ESPATZIOAREN DESKRIPZIOA
EGOERA-ALDAKETAREN ADIBIDEA
 - 1. PRINTZIBIOA
 - BARNE-ENERGIA

* LEHENENENGO PRINTZIBIOAREN FORMULAZIO MATEMATIKOA

- FINITOA / INFINITESIMALA
- BEROAREN DEFINIZIO TERMODINAMIKOA
- BERO-ITURRIA, FOKO TERMIKOA
- KALKULUAK

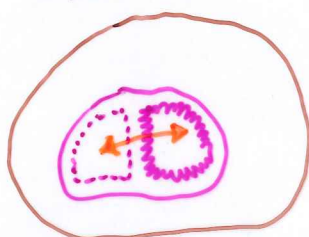
* BERO-AHALMENAK

LANA

* LANA :

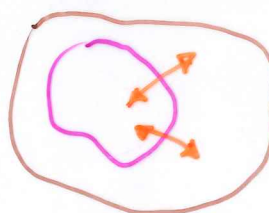
SISTEMA BAT INDAR BATEN ERAGINPEAN DESPLAZATUZ GERO, LANA
LANANEN BOLA : BIDERKAKETA ESKALARRA

BARNE - LANA



(AKZIO/ERAGAKTIA)!

KANPO - LANA



ALDAKETAK : SISTEMARI DAGOKION
PROPIETATEEN BIDEZ ADIERAZ DAITEZKE

* SISTEMA HIDROSTATIKOA (SISTEMA BAKUNA)
LAN MEKANIKOA (SOILIK, PRINTEIPIOZ)

INDARRA : INDAR MEKANIKOA

DESPLAZAMENDUA : DESPLAZAMENDU ARRUNTA

} BIDERKADURA ESKALARRA

$$\begin{aligned} \cancel{W} &= \vec{F} \cdot \vec{r} \\ \delta W &= \vec{F} \cdot d\vec{r} \end{aligned}$$

* IRUZKINAK :

ZEINUA

SISTEMAK LANA EMANGU BADU : NEGATIBOA

SISTEMARI LANA EMUEZ GERO : POSITIBOA

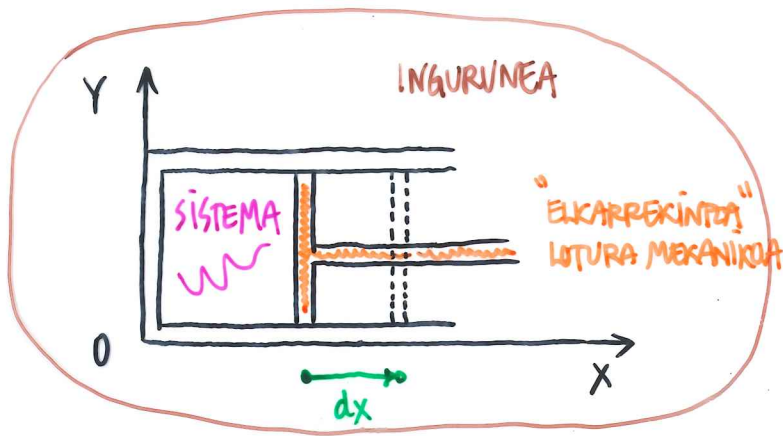
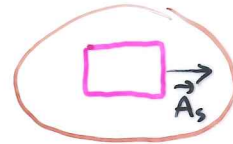
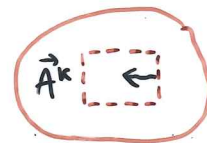
δ

LANA EZ DA DIFERENTZIAL ZEHATZA (IDILBIDEAREN KOKO MENTZEROTAS)

EZ DAGO SISTEMA BATI DAGOKION LANA

EZ DAGO SISTEMA BATI DAGOKION $W = W(x, y, \dots)$

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow F = \frac{P}{A} A$$



$$F^k = P^k A \Rightarrow \vec{F}^k = P^k \vec{A}^k$$

$$\vec{F}^k + \vec{F}^s = \vec{0} \Rightarrow \vec{F}^k = -\vec{F}^s$$

MODULOARI DAGOKIONEZ BERDINAK DIRA

$$\delta W^k + \delta W^s = 0 \Rightarrow \delta W^k = -\delta W^s$$

"SISTEMA OSOA" ISLATURIK DAGO

$$dV^k + dV^s = 0 \Rightarrow dV^k = -dV^s$$

SISTEMA OSOA = SISTEMA + INGURUNEA

$$\begin{aligned} \delta W^k &= \vec{F}^k \cdot d\vec{x}^k = P^k \cdot \vec{A}^k \cdot d\vec{x}^k \\ &= -P^k A^k dx^k \\ &= -P^k V^k \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta W^s &= \vec{F}^s \cdot d\vec{x}^s = P^s \vec{A}^s \cdot d\vec{x}^s \\ &= -P^s A^s \cdot dx^s \\ &= -P^s V^s \end{aligned}$$

MOTA BEREKO SISTEMAK

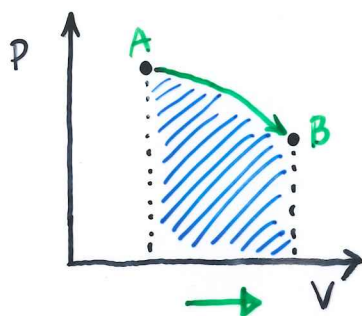
$$\begin{aligned} \delta W^s &= -P^s dV^s \\ (\delta W^s &= -P^k dV^s) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \int \delta W^s &= \int -P^s dV^s \\ (W^s &= \int -P^k dV^s) \end{aligned}$$

IBILBIDEA EZAGUTU BEHARRA DAGO

$$W^s = - \int P^s(P^r) dV^s$$

$$W = - \int P dV *$$

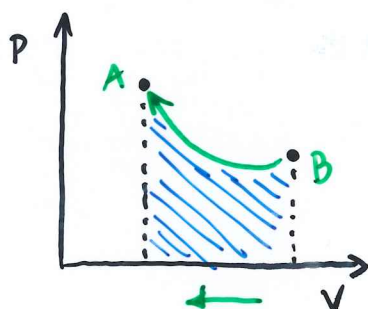


$$dV > 0$$

$$\Delta ZALERA > 0$$

$$\Delta W < 0$$

ESPANSIOA

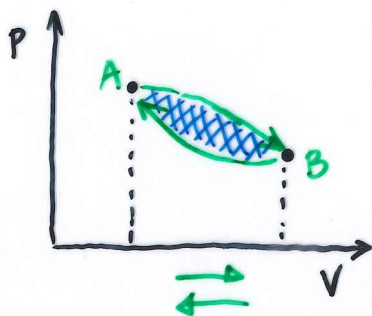


$$dV < 0$$

$$\Delta ZALERA < 0$$

$$\Delta W > 0$$

KOMPRESIOA



$$dV = 0$$

$$\Delta ZALERA \geq 0$$

$$\Delta W \leq 0$$

ZIKLOA

* $P = P(V)$
IBILBIDEA

LANA ORO KORREAN

LANA : (LEHENGU DEFINIZIO BERBERA, BAINA KASU HONETAN...)

X DESPLAZAMENDU OROKORTUA
Y INDAR OROKORTUA

SISTEMARI DAGOKION ASKATASUN-GRADU BERBERAREKIN LOTURIKO ALDAGAI KONJUGATUAK
ASKATASUN-GRADUA EDOZEIN IZAN DAITEKE

SISTEMAREN EZAUGARRIEI BEGIATUZ

EZAUGARRI	MEKANIKOAK	→	} ASKATASUN-GRADU	mekanikoak
EZAUGARRI	ELEKTRIKOAK	→		elektikoak
EZAUGARRI	MAGNETIKOAK	→		magnetikoak
EZAUGARRI	ELASTIKOAK	→		elastikoak
⋮				

$$\delta W = \vec{Y} \cdot d\vec{X}$$

$$W = \int \vec{Y} \cdot d\vec{X}$$

ASKATASUN-GRADU BAKOITZEKO

SISTEMA KONPOSATUA BADA : AZPISISTEMEK EKARPEN INDEPENDENTEA EMANGO DUTE
SISTEMAK ZENBAIT ASKATASUN-GRADU BADA, BERANUEK EKARPEN BANA EMANGO DUTE
LAN OSOA EKARPENEN (ATAL MODURA) BATURA IZANGO DA

$$\delta W_{\text{OSOA}} = \sum_{i=1}^n \delta W_i$$

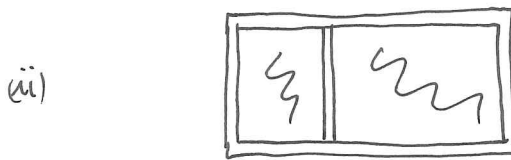
$$= \sum_{i=1}^n \vec{Y}_i \cdot d\vec{X}_i$$

i { AZPISISTEMA
ASKATASUN-GRADUA

* Sistema konposatuak

adibidea :- bi sistema bakarre osatutako sistema konposatua
aspirisistemak

- ondoko eran adieraz daiteke grafikoki



(a) Bakartzen karran, san nola eragarietako duxun sistema konposatuaren egoia mekanikoa

(i) - sistema hidstatiko bakartak kontaktua (kontakfu mekanikoa) du ingurumenarekin
bakartea bere aldetik ; beraz, bakartak era independentean lana egin dezake

Hortaz, sistema konposatuak bi arkatasmu-gradu dauka
eragari bakarreko bi sistema dituelako
(arkatasmu-gradu bakarreko)

Sistemaren deskribapen MEKANIKOA efiten $(P, V) ; (P', V')$

(ii) - Karru horetan den-dena "barnean" geratuko da
sistema konposatua definitu
aspirisistemaren antean, artetik beharretako sistema zein da

(b) - eta beharretako karran, berazki-horua daterminatzea bada, zer?

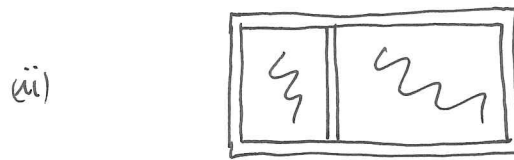
Karru horetan galdere berdin antzekoa da ; orain, egoia termikoa ere adierazi behar
da

(c) - hantiera-hantieratik galdere bakarra egin !!

* Sistema konposatuak

adibidea :- bi sistema bakarreko osatutako sistema konposatua azpisistemak

- ondoko eremu adieraz daitezke grafikoki



(a) Bakortzearen kasuan, **esan nola eramanitako duxen sistema konposatuaren egoera mekanikoa**

- (i) - sistema hidrostatis bakortzeak kontaktua (kontakua mekanikoa) du inngumearatu bakortze bere aldetik; beraz, bakortzeak era independentean lana egin dezake. Horretatik, sistema konposatuak bi arkatasmu-gradu dauka: eramanitako bakarteko bi sistema dituelako (arkatasmu-gradu bakarteko).

Sistemaren deskribapen MEKANIKOA efitika $(P, V) ; (P', V')$

- (ii) - Koru hontan den-dena "barnean" gertatuko da sistema konposatua definitu azpisistemak antean, aztertutako beharretan sistema zein da

- (b) - eta beharretan kasuan, bereziki-horietan determinatzen bada, zer? Koru hontan galdetza berdin antzekoa da; orain, egoera termikoa ere adierazten behar da

- (c) - hantzia-hantziarik galdetza bakarra egin !!

* Buteleako niremetan lanaren definizioa

Definizio orokorra aplikatuz:

$$\delta W = Y \cdot dX \quad (X, Y)$$

arkatasun-gradua

intermakin botuniko erangaria

erangariaren botuniko aldagaria (aldagai-bikotea) (X, Y)

- aldagai erlentziboa : arkatasun-gradua bera deskribatuko duena X
- aldagai intertriboa : aldagai berrakin botuniko momentu konjugatua Y

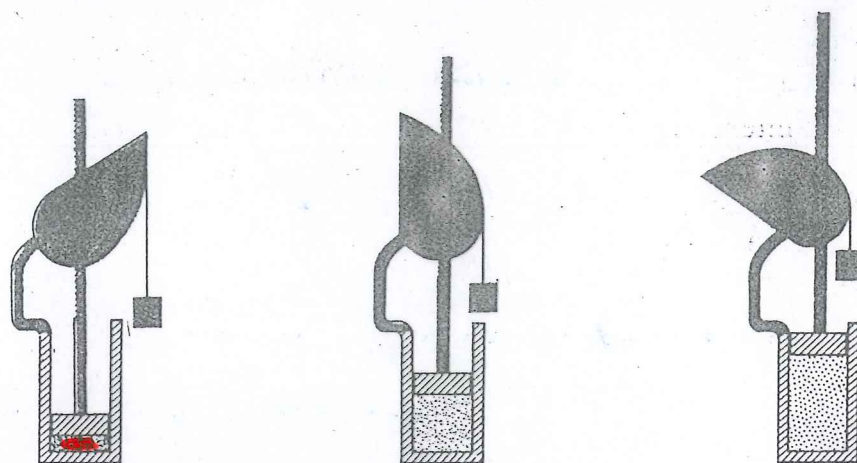
* Erangari-motak

- mekanikoak : (X, F)	$(V, P) \Rightarrow \delta W_m = -P dV$
- termikoak :	$(S, T) \Rightarrow \delta W_{te} = T dS$
- kimikoak :	$(N, \mu) \Rightarrow \delta W_k = \mu dN$
- elektrokoak :	$(P, E) \Rightarrow \delta W_{ee} = E dP$
- magnetikoak :	$(M, H) \Rightarrow \delta W_{mg} = H dM$
- elastikoak :	$(\ell, \tau) \Rightarrow \delta W_{el} = \tau d\ell$

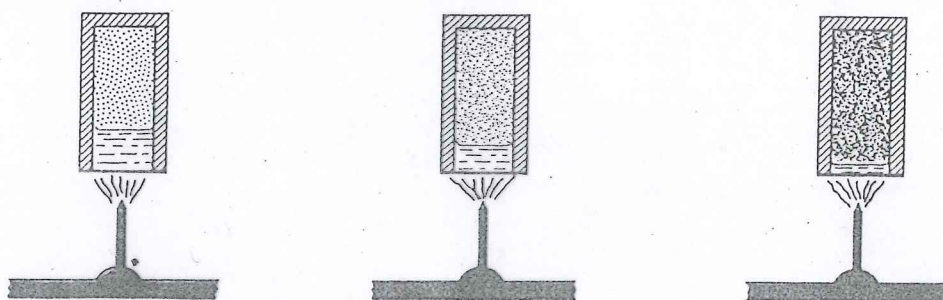
* Sistemaren energia (energia-edukia) "aldatze" modua erangarien (arkatasun-graduen) aldatzeak da

--

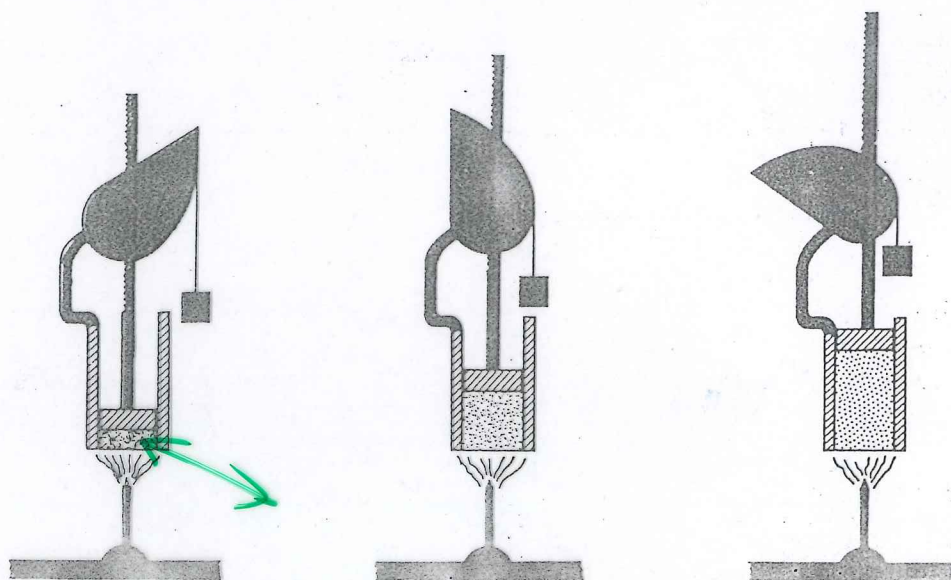
(a)



(b)

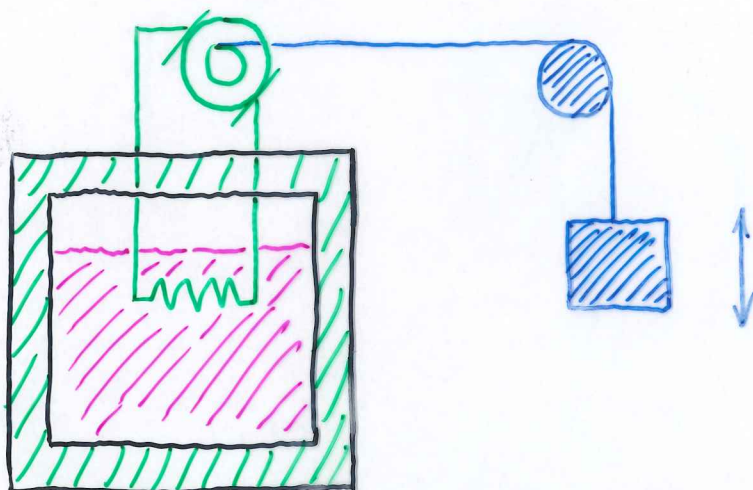


(c)



--

01NARRIZKO BEPEIZKETA: SISTEMA/INGURUNEA BIKOTEA



denon esperientzia da: 2 sistema temperaturaz ezberdinetan...

BEROAREN DEFINIZIO KALORIMETRIKOA

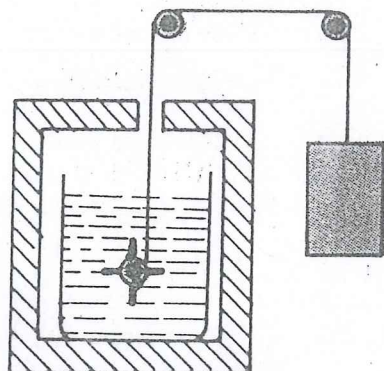
BI SISTEMEN ARTEKO **TENPERATURA-DIFERENTZIALA** ESKER (SOILIK)
BATETIK BESTERA TRANSFERINTAKO **HORI**.

* Modu ezberdinetan
arter daitezke bikotea:

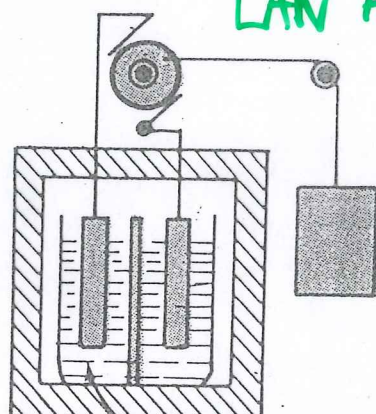
- zein da sistema?
- zein da ingurunea?

ESPERIENTIAREN ARABERA...

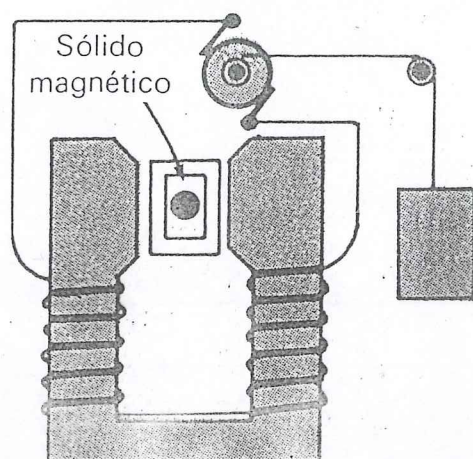
POSIBLEA DA "MODU ADIABATIKOAN" **SOLIK**
EDOTZEN SISTEMAREN EGOERA ALDATzea



SISTEMA HIDROSTATIKOAREN* KASURAN:
LANA (LAN MEKANIKOA) BATUA ET EGITEZ
LAN ADIABATIKOA



Pila eléctrica



*MASA KONSTANTEKOA

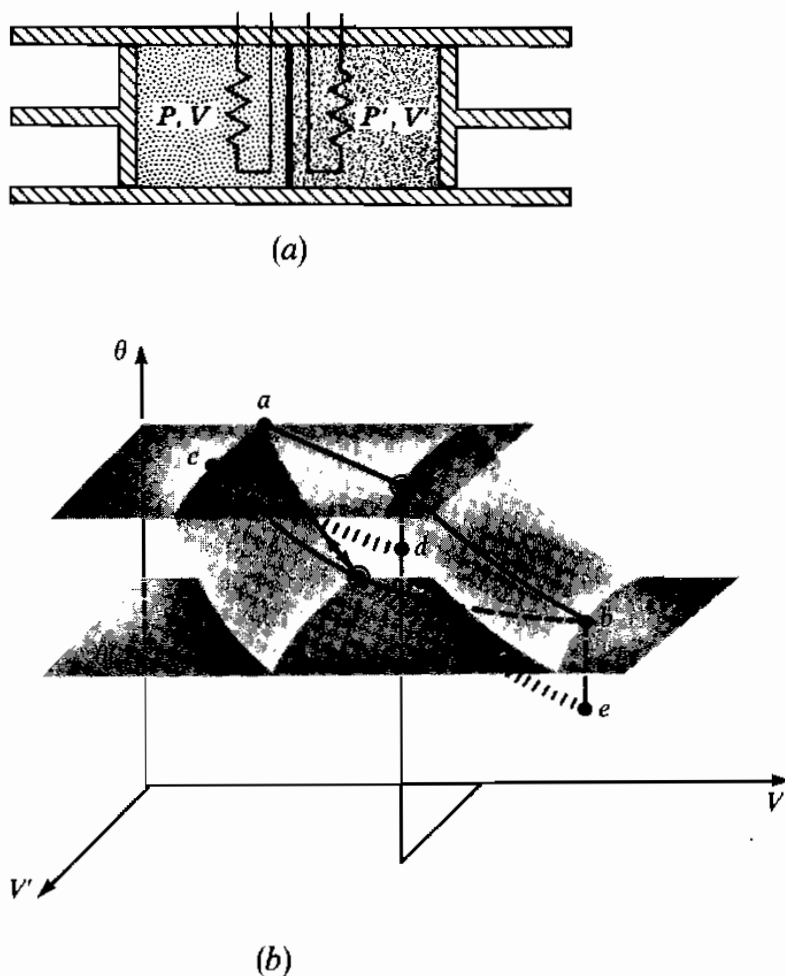


Figura 4.4. (a) Sistema compuesto sobre el cual puede realizarse trabajo adiabático de dos formas. (b) Los estados i y f están unidos por diferentes recorridos adiabáticos.

Como consideramos en el Capítulo 3, las coordenadas independientes más adecuadas de este sistema son θ , la temperatura, y los dos volúmenes V y V' . Los estados i y f del sistema, representados en la Figura 4.4b sobre un diagrama $\theta V V'$, se han seleccionado arbitrariamente, y es simple coincidencia que f corresponda a una temperatura mayor que i . En la trayectoria iaf , la curva de trazos ia representa una compresión adiabática cuasi-estática **sin rozamiento** efectuada con uno de los pistones. Se ha dibujado sobre una superficie que corta a los dos planos isotérmicos. En la Sección 8.7 se demostrará la existencia de tal superficie adiabática reversible, pero ahora debe observarse que, puesto que ia es efectuada sólo mediante un movimiento lento y sin rozamiento del pistón, puede ser realizada en *cualquiera* de los sentidos ia o ai . La curva af representa la disipación adiabática de energía eléctrica asociada a movimientos del pistón tales que mantienen constante la temperatura del sistema. En otras palabras, ¡la línea af representa un proceso que es a la vez adiabático e isotérmico! Sin embargo, existe una diferencia importante entre este proceso y el anterior: el proceso af sólo puede tener

lugar en un sentido. Se puede suministrar energía mediante el paso de corriente por una resistencia, pero no es posible extraerla.

La trayectoria ibf representa otra forma adiabática de modificar el estado del sistema de i a f . La curva ib representa el proceso de disipación realizado con resistencias, y la curva bf corresponde al proceso cuasi-estático conseguido usando sólo pistones sin rozamiento. Como antes, bf puede efectuarse en cualquier sentido, pero ib sólo en uno.

Desde luego existen otras muchas trayectorias adiabáticas que unen if , tales como $icdf$, en que el proceso cd es una expansión no cuasi-estática realizada mediante el movimiento rápido hacia fuera de uno o ambos pistones, y el proceso df se efectúa manteniendo inmóviles ambos pistones y disipando energía eléctrica en una o en ambas resistencias. Otra trayectoria adiabática posible consiste en el movimiento rápido hacia afuera de los pistones, provocando una expansión ie no cuasi-estática, seguida por una disipación isócara eb de energía eléctrica, y de una compresión bf cuasi-estática. Aunque nunca se han realizado medidas precisas del trabajo adiabático según diferentes trayectorias entre los dos mismos estados, las experiencias indirectas indican que el trabajo adiabático es el mismo a lo largo de tales trayectorias. La generalización de este resultado constituye el *primer principio de la termodinámica*:

Si un sistema es obligado a pasar de un estado inicial a otro final, utilizando solamente transformaciones adiabáticas, el trabajo realizado es el mismo para todas las trayectorias adiabáticas que unen los dos estados.

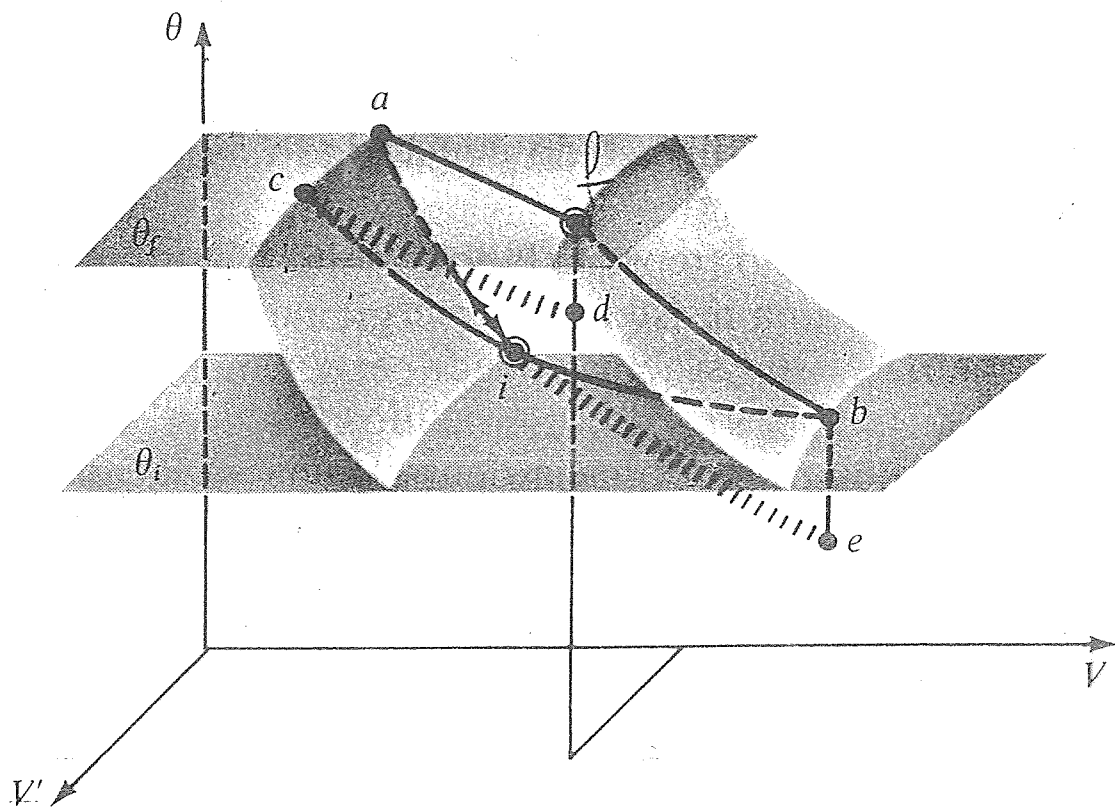
Siempre que se encuentra que una magnitud depende sólo de los estados inicial y final y no de la trayectoria que los une, puede deducirse una conclusión importante. El lector recordará de mecánica que al desplazar un objeto de un punto a otro en un campo gravitatorio, en ausencia de rozamiento el trabajo realizado depende sólo de las posiciones de ambos puntos y no de la trayectoria recorrida por el cuerpo. Se dedujo de ello que existe una función de las coordenadas espaciales del cuerpo cuyo valor final menos su valor inicial es igual al trabajo realizado. Esta función se denominó *función energía potencial*. De forma similar, el trabajo realizado al desplazar una carga eléctrica de un punto a otro en un campo eléctrico es también independiente de la trayectoria y, por tanto, es posible expresarlo como el valor de una función (la función potencial eléctrico) en su estado final menos su valor en el estado inicial. Del primer principio de la termodinámica se deduce, por consiguiente, que existe una función de las coordenadas de un sistema termodinámico cuyo valor en el estado final menos su valor en el estado inicial es igual al trabajo adiabático que se realiza al pasar de un estado a otro. Esta función se denomina *función energía interna*.

Representando por U la función energía interna, se tiene

$$W_{i \rightarrow f}(\text{adiabático}) = U_f - U_i, \quad (4-1)$$

donde los signos son tales que, si se realiza trabajo positivo sobre el sistema, aumenta su energía.

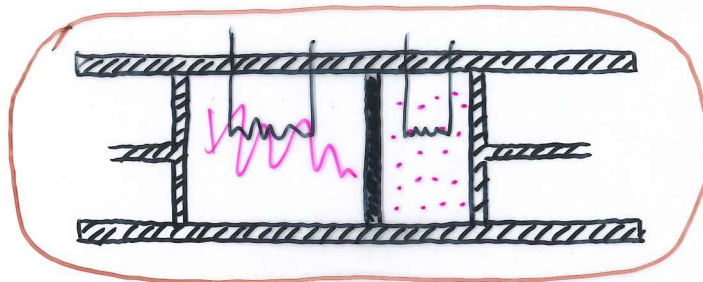
--



--

LAN ADIABATIKOA

* ESPERIENTZIAREN ARABERA: LAN ADIABATIKOA SOLIK EGIN DAITEKE

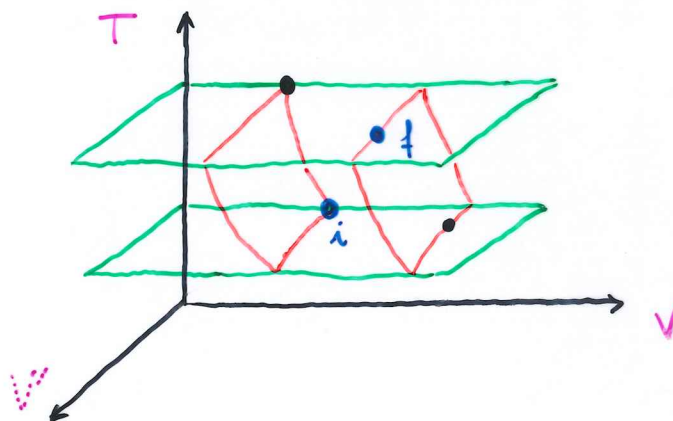


P, V, T

P, V, T

$\{V, V', T\}$

SISTEMA KONPOSATUA



IKUSITAKOAREN OROKORPENA: LEHENENGU PRINTZPIOAREN ENUNTZIATUA

$$W_{i-f}^{ad} = U_f - U_i \quad \text{BARNE-ENERGIA}$$

BI GAUZA ALDIBEREAN: (1) - ENERGIAREN KONTSERBATIOAREN PRINTZPIOA

(2) - EDOTZEIN SISTEMARI DAGOZION BARNE-ENERGIA FUNTzioA 3
DIFERENTZIAL ZGATEA

$$U = U(X, Y, Z, \dots)$$

barne-energiaren adierazpen diferentziala

* Irudikina:

interma baliuak
 $(P, V, T; n)$

(P, V, T)

$(P, V) (V, T) (P, T)$

$$U = U(f, t); dU$$

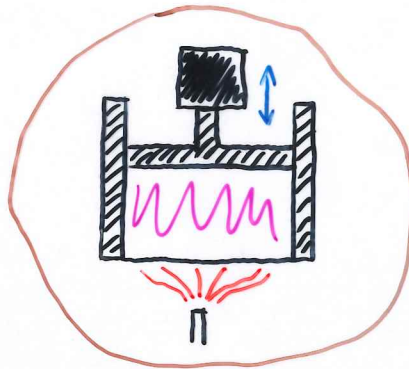
LEHENENGO PRINTZIPIOAREN FORMULAZIO MATEMATIKOA

BI SAIAKUNTEA: HASIERAKO, BUKAERAKO OREKA-EGOKERA BERBERAK LOTUKO DITUZTENAK

- (1) - ERA ADIABATIKOAN : LANA NEURTU (LAN ADIABATIKOA) $\Rightarrow \Delta U$
- (2) - ERA EZ-ADIABATIKOAN : LANA NEURTU (LAN EZ-ADIABATIKOA) $\Rightarrow \Delta U$ $\uparrow$ }

BAINA,

LAN ADIABATIKOA $\neq$ LAN EZ-ADIABATIKOA



ENERGIAREN KONTSERBATIOAREN PRINTZIPIOAREKIN BATERAGARRIA IZAN DADIN



ENERGIA ERA EZ-MEKANIKOAN TRANSFERITU EGIN DA

JATORRIA : SISTEMA/INGURUNEAREN ARTEKO TEMPERATURA-DIFERENTZIA, SOILIK
TRANSFERITUTAKO ENERGIA BERAU BEROA

BEROAREN DEFINIZIO TERMODINAMIKOA

$$Q = \Delta U - W$$

$$\Delta U = Q + W$$

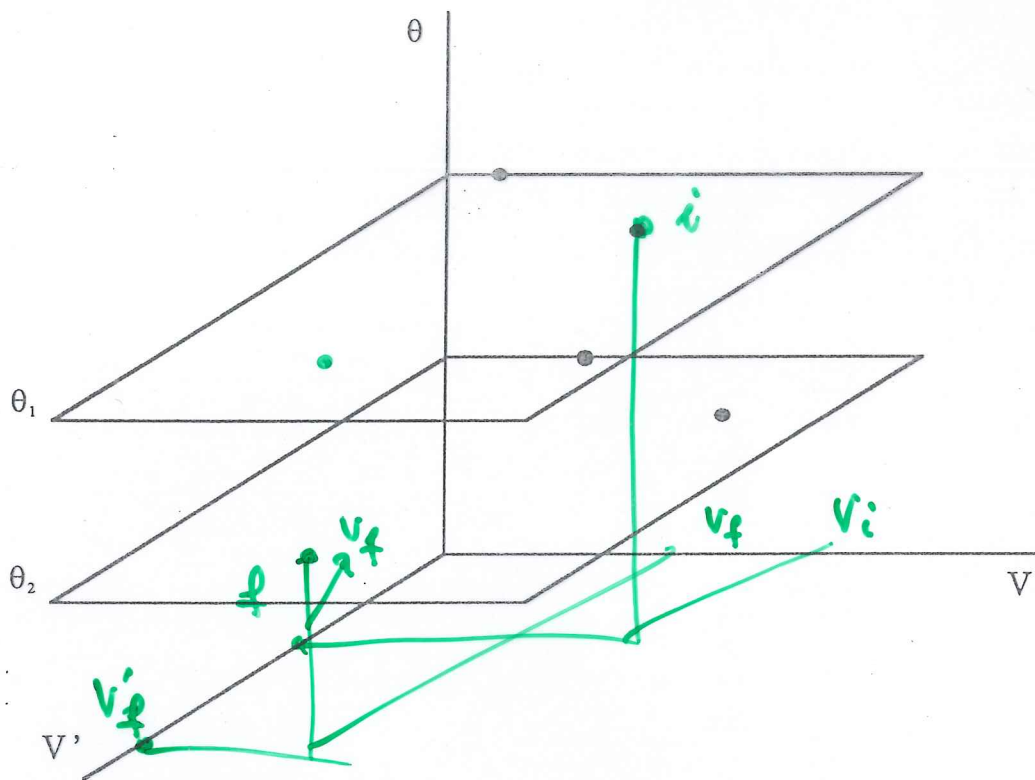
$$\delta Q = dU - \delta W$$

TERMODINAMIKAREN LEHEN PRINTZIPIOA
(ENERGIAREN KONTSERBATIOAREN PRINTZIPIOA)

LEHENGO BIEZ GAIN : (3) - BEROA, TEMPERATURA-DIFERENTZIARI ESKER "HIGINTZ" DOAN ENERGIA

--

(V, V', θ)



--

$$\delta Q = dU - \delta W$$

δ : DIFERENTIAL EZ-ZEHATZA

EZ DAGO SISTEMA BATI DAGOION BEROA (LANA)

EZ DAGO SISTEMA BATI DAGOION $Q = Q(X, Y, \dots)$ [$W = W(X, Y, \dots)$]

d : DIFERENTIAL ZEHATZA

BADAGO SISTEMA BATI DAGOION BARNE-ENERGIA

$$U = U(X, Y, Z, \dots)$$

dU : SISTEMA BATI DAGOION BARNE-ENERGIA BI MODUTAN ALDA DAITEKE

(1) - TEMPERATURA-DIFERENTIALARI ESKER : δQ

(2) - TEMPERATURA-DIFERENTIAL "EZ DENARI" ESKER : δW

EDOZEIN LAN-MOTA IZAN DAITEKE (EDO DENAK)

EDOZEIN ASKATASUN-GRADUREKIN LOTURIKO LANERAKO EKARPENA

$$\begin{aligned} \delta W &= \sum_{i=1}^n \delta W_i \\ &= \sum_{i=1}^n Y_i dX_i \end{aligned}$$

$$dU = \delta Q + \sum_{i=1}^n Y_i dX_i$$

(δ, d)

(d)

$$dU = T dS + \sum_{i=1}^n Y_i dX_i$$

$$dU = \sum_{i=0}^n Y_i dX_i$$

* Sistema konposatuak
erazgarri termikoari
begira; lehengo inurkin
berotza
↳ sistema isolatu batak
"itxia" darena, besteak
"hurbeto" daria

BERO - AHALMENA

$$\frac{Q}{\theta_f - \theta_i}$$

$$C \equiv \lim_{(\theta_f - \theta_i) \rightarrow 0} \frac{Q}{\theta_f - \theta_i}$$

$$C = \left[\frac{\delta Q}{d\theta} \right]_{\square} \quad \text{BALDINTZAK !!!}$$

$C_p, C_v, C_m, \dots$ SISTEMA-MOTAREN ARABERA

OROKORREAN, MAGNITUDE EXTENTSIBOA

BATIA INTENTSIBOA DENA DEFINI DAITEKE : MASA-UNITATEKO, MOL-UNITATEKO...

BERO - ITURRIA (FOKOTERMIKOA) $\neq$

DEFINIZIOA

ETAUGARRIAK

BERAREKIN KONTAKTUAN PROZESUAK

- TEMPERATURA-DIFERENTZIA : TEMPERATURAREN FINKAPENA
- EZ DAGO TEMPERATURA-DIFERENTZIARIK : PROZESU ISOTERMANOA

TRUKATUTAKO BERDARI DAGOKION ADIERAZPENA

$$Q = \int_{\theta_i}^{\theta_f} C_{\square} d\theta$$

TEMPERATURA-DIFERENTZIA FINITUAREN KASUAN : BERO-ITURRIEN SORTA !!

$$Q = \Delta U - W$$

$$\delta Q = dU - \delta W$$

$$\delta Q = dU + p dV$$

① $\delta Q \rightarrow \delta Q(\theta, V)$

$$\delta Q = c_v d\theta + \frac{c_p - c_v}{\gamma} dV$$

② $\delta Q \rightarrow \delta Q(P, V)$

$$\delta Q = \frac{c_p}{\gamma} dV + \frac{\kappa_T}{\alpha} c_v dP$$

③ $\delta Q \rightarrow \delta Q(\theta, P)$

$$\delta Q = c_p d\theta + \frac{\kappa_T}{\alpha} (c_v - c_p) dP$$

④ $U = U(V, \theta)$

$$\left(\frac{\partial U}{\partial \theta}\right)_V = c_v$$

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_\theta = \frac{c_p - c_v}{\gamma} - P$$

⑤ $U = U(V, P)$

$$\left(\frac{\partial U}{\partial P}\right)_V = \frac{\kappa_T}{\alpha} c_v$$

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_P = \frac{c_p}{\gamma} - P$$

⑥ $U = U(\theta, P)$

$$\left(\frac{\partial U}{\partial \theta}\right)_P = c_p - P \gamma$$

$$\left(\frac{\partial U}{\partial P}\right)_\theta = -\frac{\kappa_T}{\alpha} (c_p - c_v) + P \gamma \kappa_T$$

⑦

$$c_p - c_v = -T \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P^2 \left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T$$

* Aurreko orriko proposamenak epindukoan, hurrengo egunean egiteko iruskina

- Formalismoa aldatukoan eta 2. printzipioa ikusitakoan ondoko frogak daterke:

(Mayer-en erlazioa)

$$C_p - C_v = -T \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P^2 \left(\frac{\partial P}{\partial V} \right)_T$$

Sistema hidrostatiakoaren kasuan erabateko eraketa dela.

- Kefiziente esperimentalen funtzioan idatzita, definitzeko kontuan harturik

$$\alpha \equiv \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P$$

$$\kappa_T \equiv -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T$$

$$C_p - C_v = T V \frac{\alpha^2}{\kappa_T}$$

Sistema hidrostatiakoaren kasuan erabateko eraketa dela

- Gas idealaren kasuan, kefiziente esperimentalek duten forma jakinik

$$\alpha = \frac{1}{T}$$

$$\kappa_T = \frac{1}{P}$$

$$C_p - C_v = nR$$

Gas idealaren kasuan erabateko eraketa dela

gas idealak ikusitakoan 3 iruskin hantek eraldatu

* Mayer-en erlazioa orokorturik

$$C_Y - C_X = T \left(\frac{\partial X}{\partial T} \right)_Y^2 \left(\frac{\partial Y}{\partial X} \right)_T$$

Beraz frogak daterke

Halere, zuzenean idatz daterke ondoko ordezkapenak erivier

$(V \rightarrow X ; P \rightarrow -Y)$ jatorria lortzeko definitzioa beraz da

$$\delta W_{\text{mek}} = -P \cdot dV$$

$$\delta W = Y dX$$

} modu berdin jakitzeko dute

* Proposamena, ondoko adierazpenak lotura, ondoko sistema orokorrean (X, Y, T)

$$\begin{array}{ll} \delta Q = \delta Q(X, T) & u = u(X, T) \\ \delta Q = \delta Q(Y, T) & u = u(Y, T) \\ \delta Q = \delta Q(X, Y) & u = u(X, Y) \end{array}$$

Aipatu bi moduak erabili { garapena, ordezkapena

$$\left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_X = C_X$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_Y = \left\{ \frac{C_Y - C_X}{\left(\frac{\partial X}{\partial T}\right)_Y} + Y \right\}$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial Y}\right)_X = C_X \cdot \frac{\left(\frac{\partial X}{\partial Y}\right)_T}{\left(\frac{\partial X}{\partial T}\right)_Y} = C_X \cdot \left(\frac{\partial T}{\partial Y}\right)_X$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial X}\right)_Y = \frac{C_Y}{\left(\frac{\partial X}{\partial T}\right)_Y} + Y$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_Y = C_Y + Y \left(\frac{\partial X}{\partial T}\right)_Y$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial Y}\right)_T = \left(\frac{\partial T}{\partial Y}\right)_X (C_Y - C_X) - Y \left(\frac{\partial X}{\partial Y}\right)_T$$

$$C_Y - C_X = T \left(\frac{\partial X}{\partial T}\right)_Y^2 \cdot \left(\frac{\partial Y}{\partial X}\right)_T$$