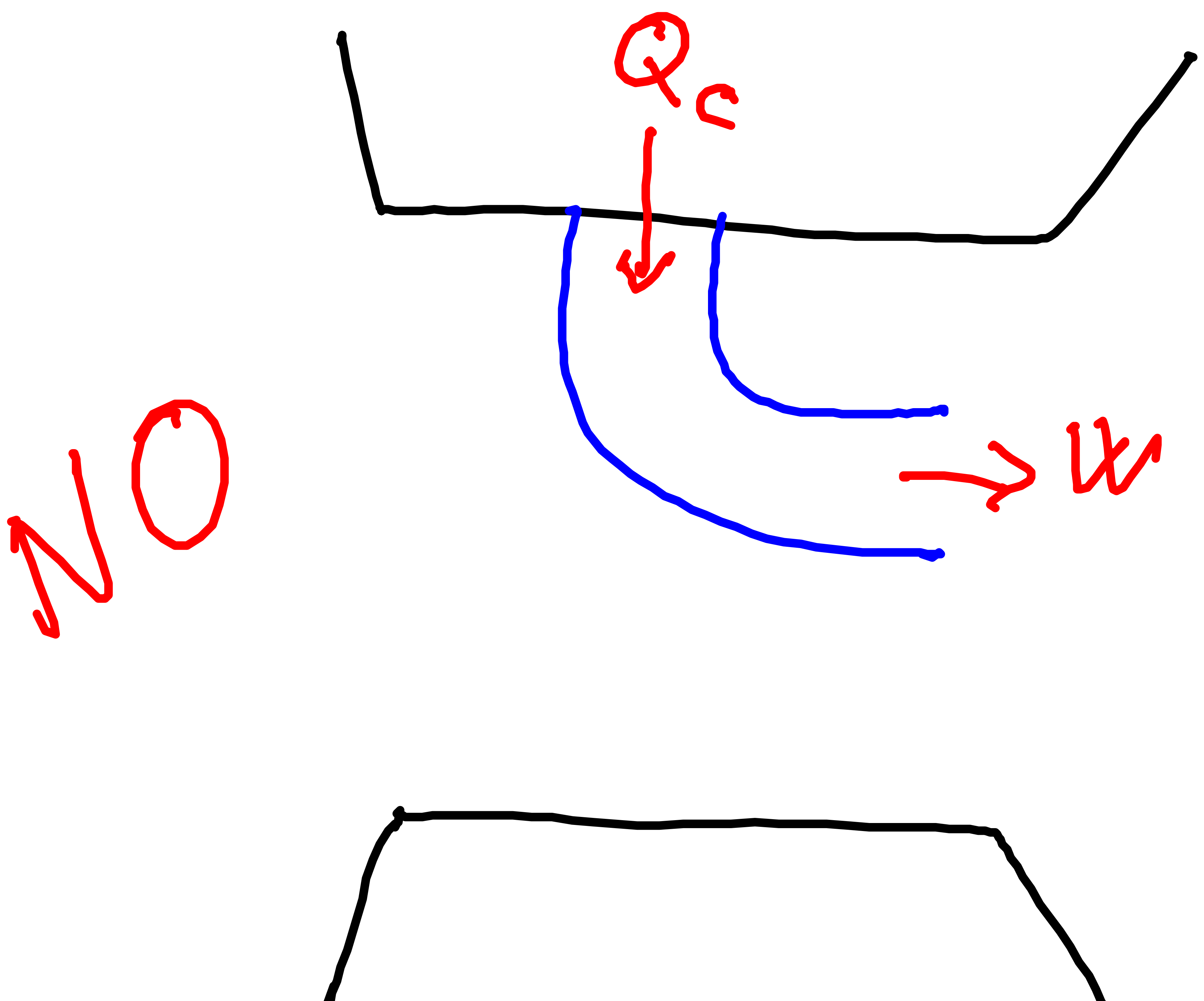
Secondo principio della termodinamica

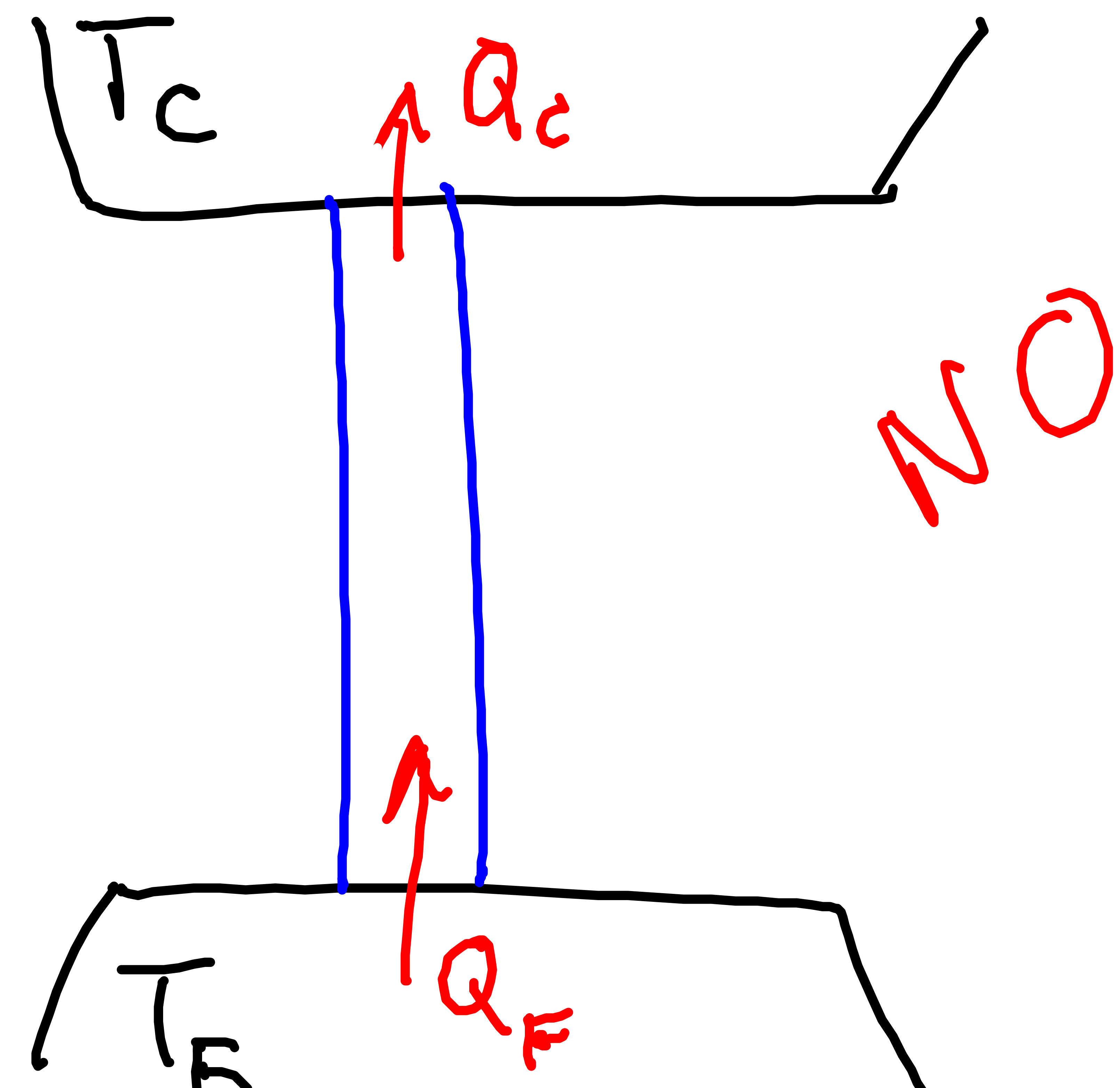
Kelvin-Planck

Non è possibile realizzare un <u>ciclo</u> che sottragga calore a una sorgente a T uniforme e la converta interamente in lavoro



Clausius

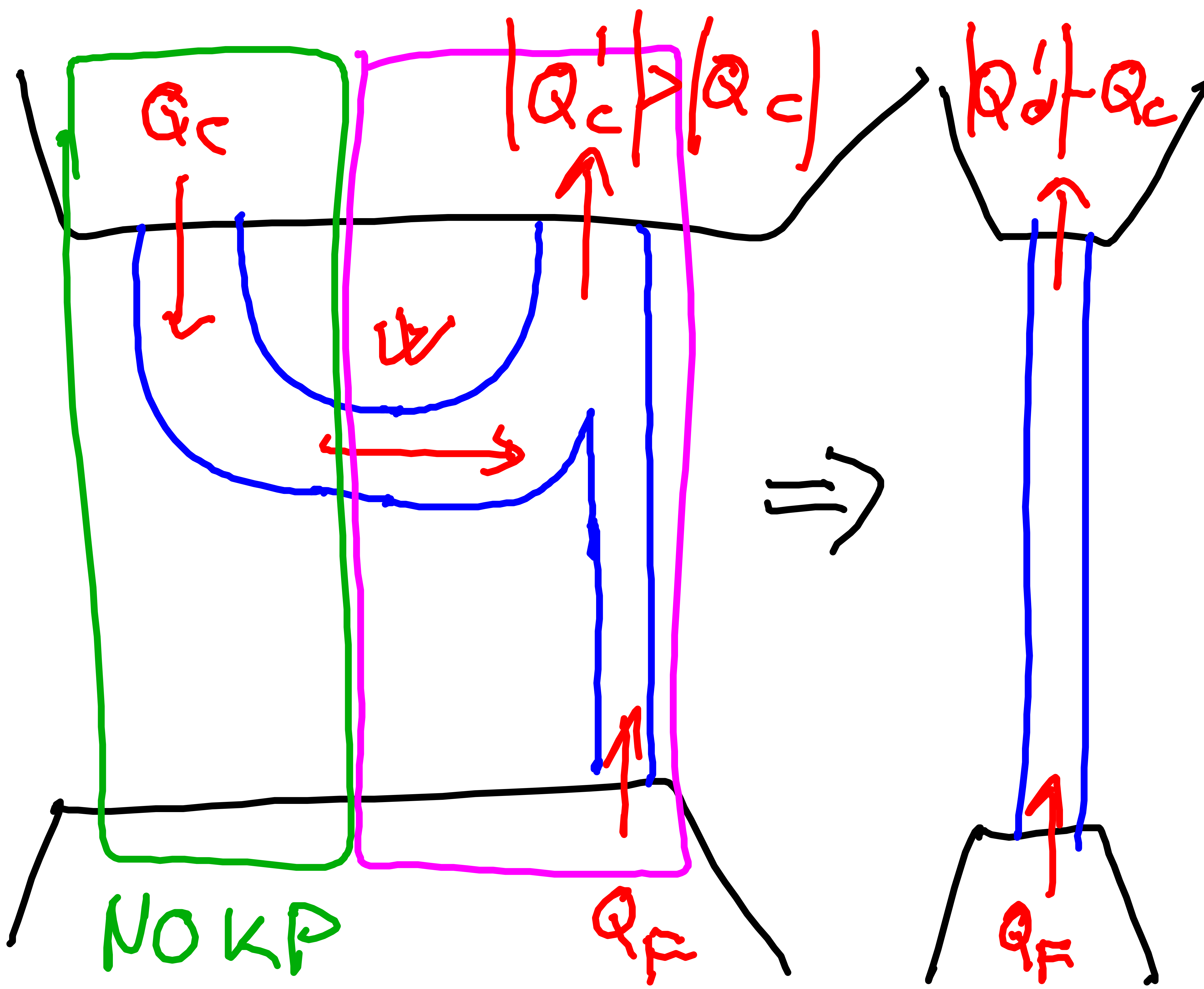
Non è possibile realizzare una <u>trasformazione</u> il cui unico risultato sia il trasferimento di calore da una T inferiore a una T superiore



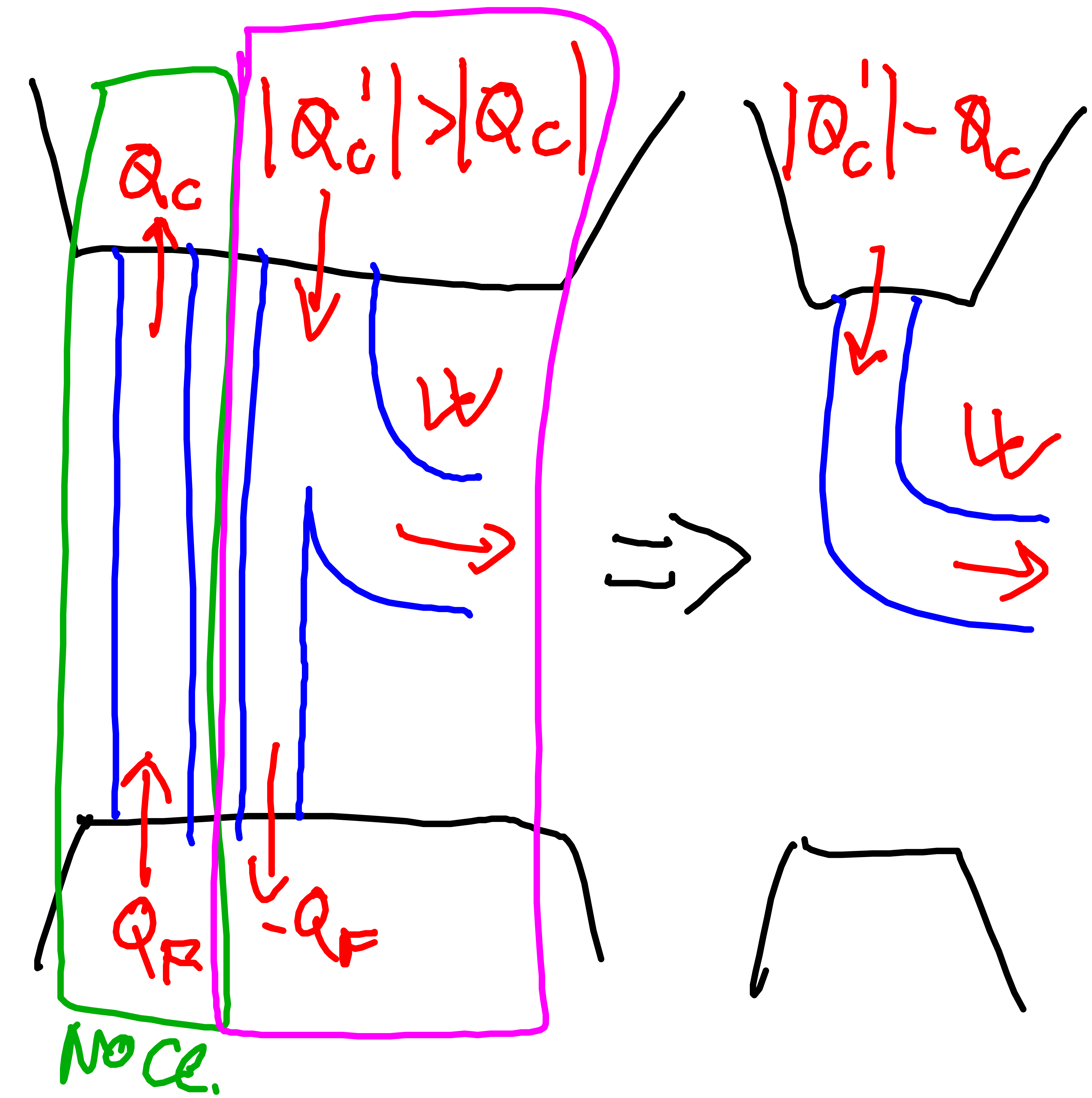
Secondo principio della termodinamica

Equivalenza dei principi

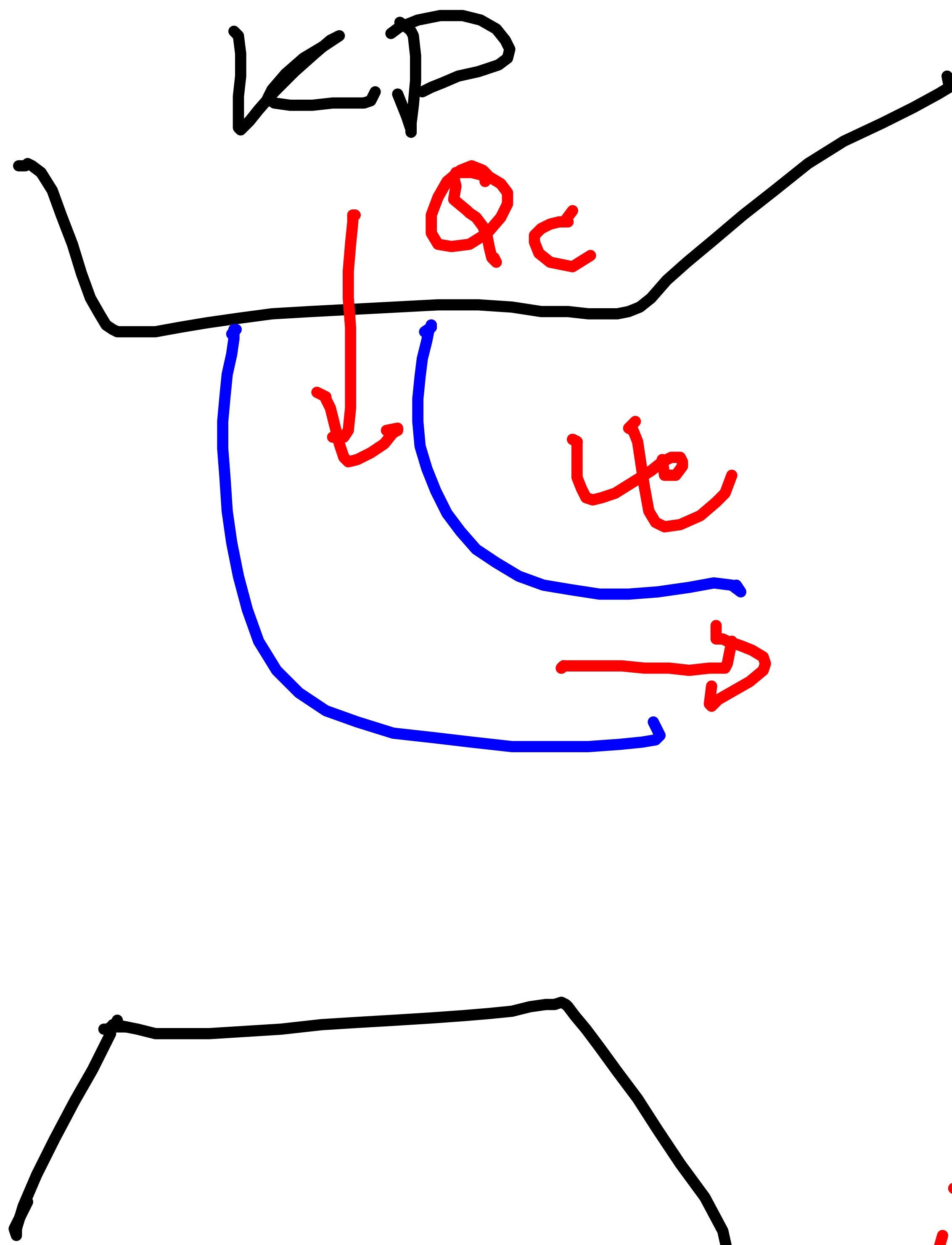
1) se nego KP → nego Cl.

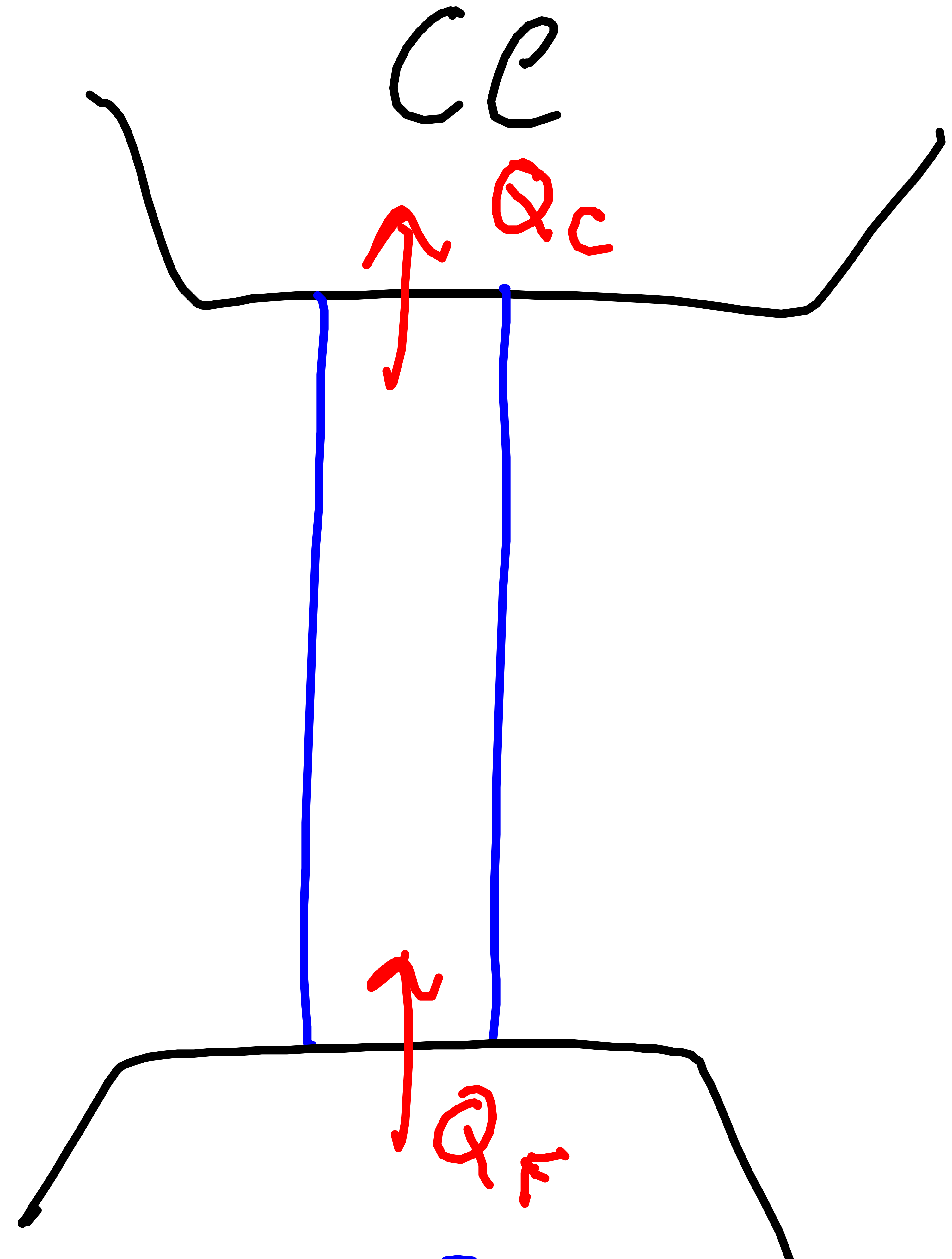


2) se nego Cl. → nego KP



Secondo principio della termodinamica





> 0

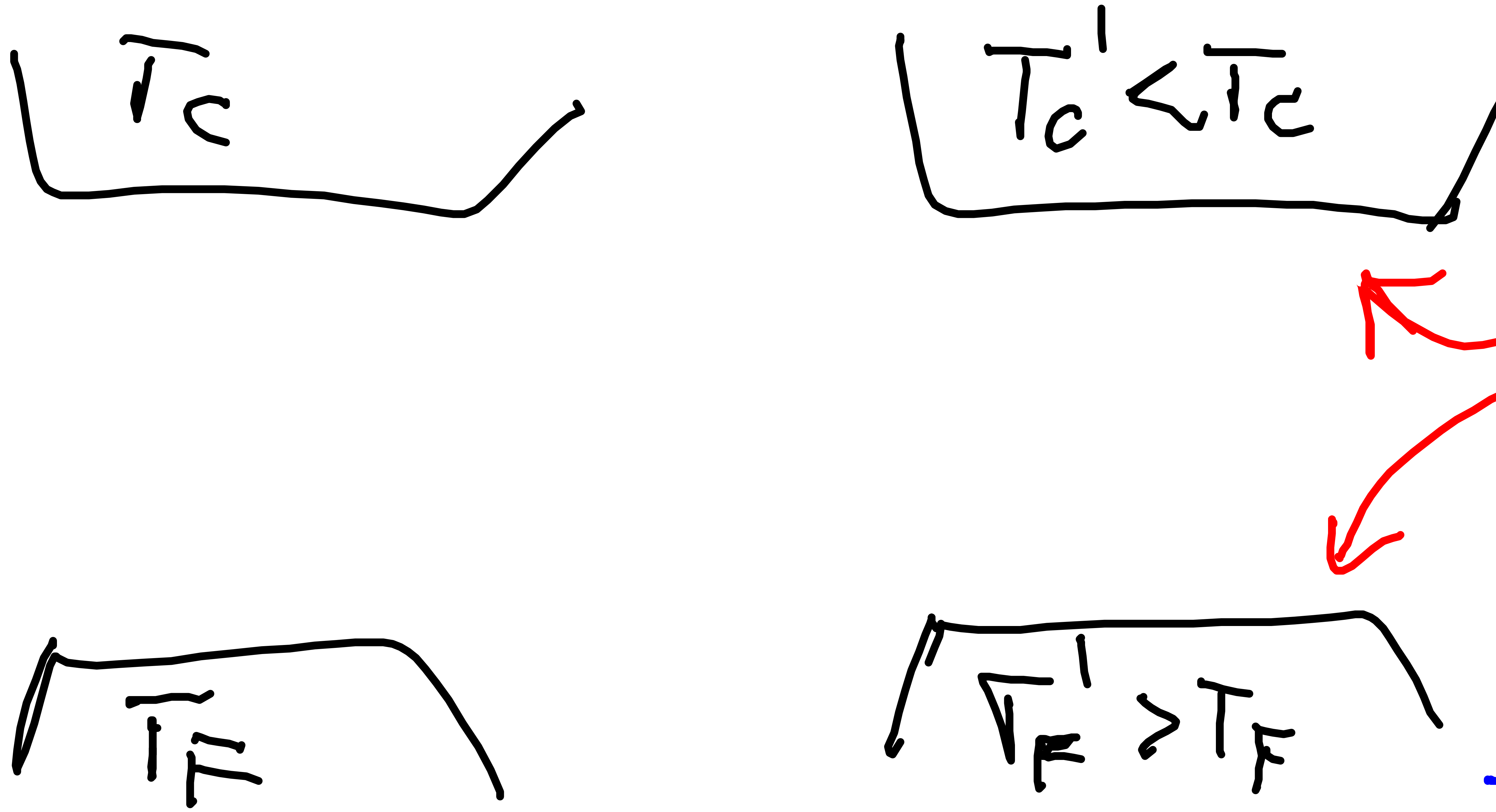
$$\eta = 1 - \frac{|Q_F|}{Q_C} < 100\%$$

$$K = \frac{Q_F}{|Q_C| - Q_F} \text{ è FINITO}$$

Secondo principio della termodinamica

Clausius mi dice anche che se ho $T_C > T_F$, lo scorrere naturale del calore è da T_C a T_F

TEMPO $\quad t = 0 \quad\quad t > 0$



tende a un equilibrio $T_C - T_F \to 0$

la freccia del tempo scorre in una direzione indicata dal II principio

Trasformazioni reversibili

Trasformazione che può essere invertita effettuando soltanto cambiamenti "infinitesimi" nell'ambiente circostante

→ dove avere scambi di calore con $(T_C - T_F) \to 0$

→ trasformazione quasistatica

→ NO forze dissipative

Le trasformazioni reversibili sono IDEALI

Ciclo di CARNOT

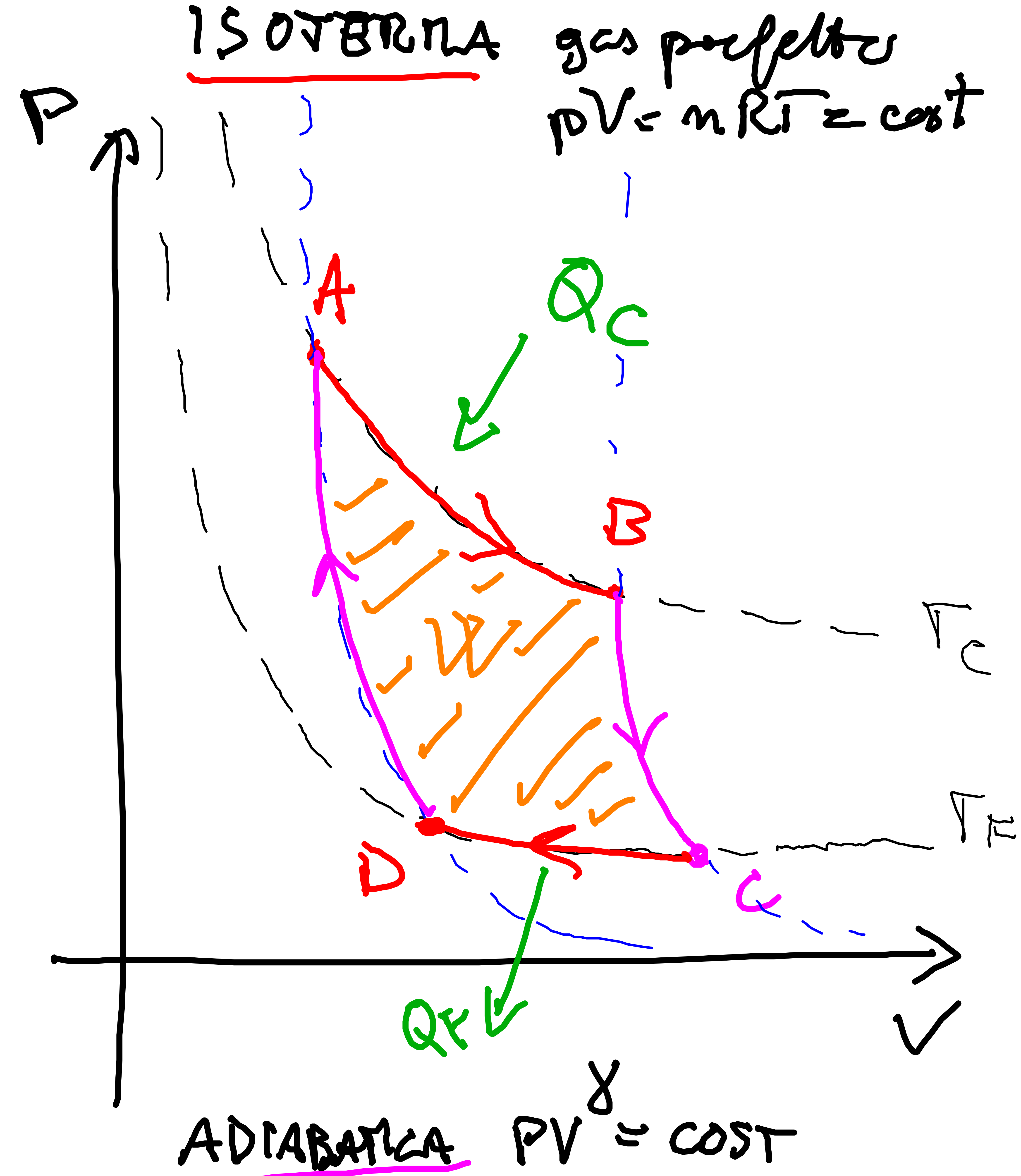
Ha 4 trasformazioni

1) $A \to B$ espansione ISOTERMA
$T = T_C$, calore $Q_C > 0$

2) $B \to C$ espansione ADIABATICA
$T_C \to T_F$ reversibile

3) $C \to D$ compressione ISOTERMA
$T = T_F$, calore $Q_F < 0$

4) $D \to A$ compressione ADIABATICA
$T_F \to T_C$ reversibile



Ciclo di CARNOT

ha rendimento massimo $\eta < \eta_{carnot}$

Teorema di Carnot

- ogni macchina reversibile ha $\eta = \eta$
- η_{carnot} è massimo

è un ciclo $\rightarrow \Delta U = U_A - U_A = 0$

$\boxed{AB}$ isoterma $\rightarrow \Delta U_{AB} = 0 \rightarrow Q_C = W_{AB}$

$$W_{AB} = nRT_C \ln \frac{V_B}{V_A}$$

$\boxed{CD}$ isoterma $\rightarrow Q_F = W_{CD}$ $\quad V_D < V_C$

$$W_{CD} = nRT_F \ln \frac{V_D}{V_C} \quad \ln < 0$$

$$\eta = 1 - \frac{|Q_F|}{Q_C} = 1 - \frac{\cancel{nR}T_F \cancel{\ln V_C/V_D}}{\cancel{nR}T_C \cancel{\ln V_B/V_A}}$$

adiabatica $pV^\gamma = cost$

gas perfetto $pV = nRT$

$\boxed{BC}$ $p_B V_B^\gamma = p_C V_C^\gamma$

$$nRT_C V_B^{\gamma-1} = nRT_F V_C^{\gamma-1}$$

$\boxed{DA}$ $nRT_F V_D^{\gamma-1} = nRT_C V_A^{\gamma-1}$

$$nRT_C V_A^{\gamma-1} = nRT_F V_D^{\gamma-1}$$

sottraggo

$$\left(\frac{V_B}{V_A}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{V_C}{V_D}\right)^{\gamma-1} \rightarrow \frac{V_B}{V_A} = \frac{V_C}{V_D}$$

$$\boxed{\eta = 1 - \frac{T_F}{T_C}}$$

Ciclo di CARNOT

$$\eta = 1 - \frac{T_F}{T_C}$$ per QUALSIASI macchina

↳ mi permette di dare una definizione di temperatura

definisco T partendo dal PUNTO TRIPLO dell'acqua

ho un sistema con una certa T_S

$$T_S = 273.16\,K \left|\frac{Q}{Q_3}\right|$$

Q: quantità di calore scambiata dal sistema

Q_3: quantità di calore scambiata dalla macchina al punto triplo

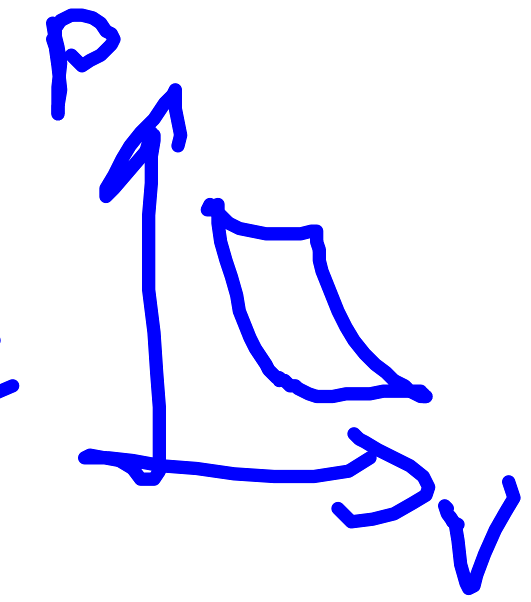
pompa di calore CARNOT

$$K = \frac{Q_F}{|W|} = \frac{Q_F}{|Q_C| - Q_F}$$

$$= \frac{T_F}{T_C - T_F} = \boxed{K^{max}}$$

Entropia

Ciclo CARNOT → reversibile



$\Delta V = 0, \Delta p \neq 0$

$\Delta T = 0, \Delta V \neq 0$

$\Delta Q \neq 0, \Delta W \neq 0$

---

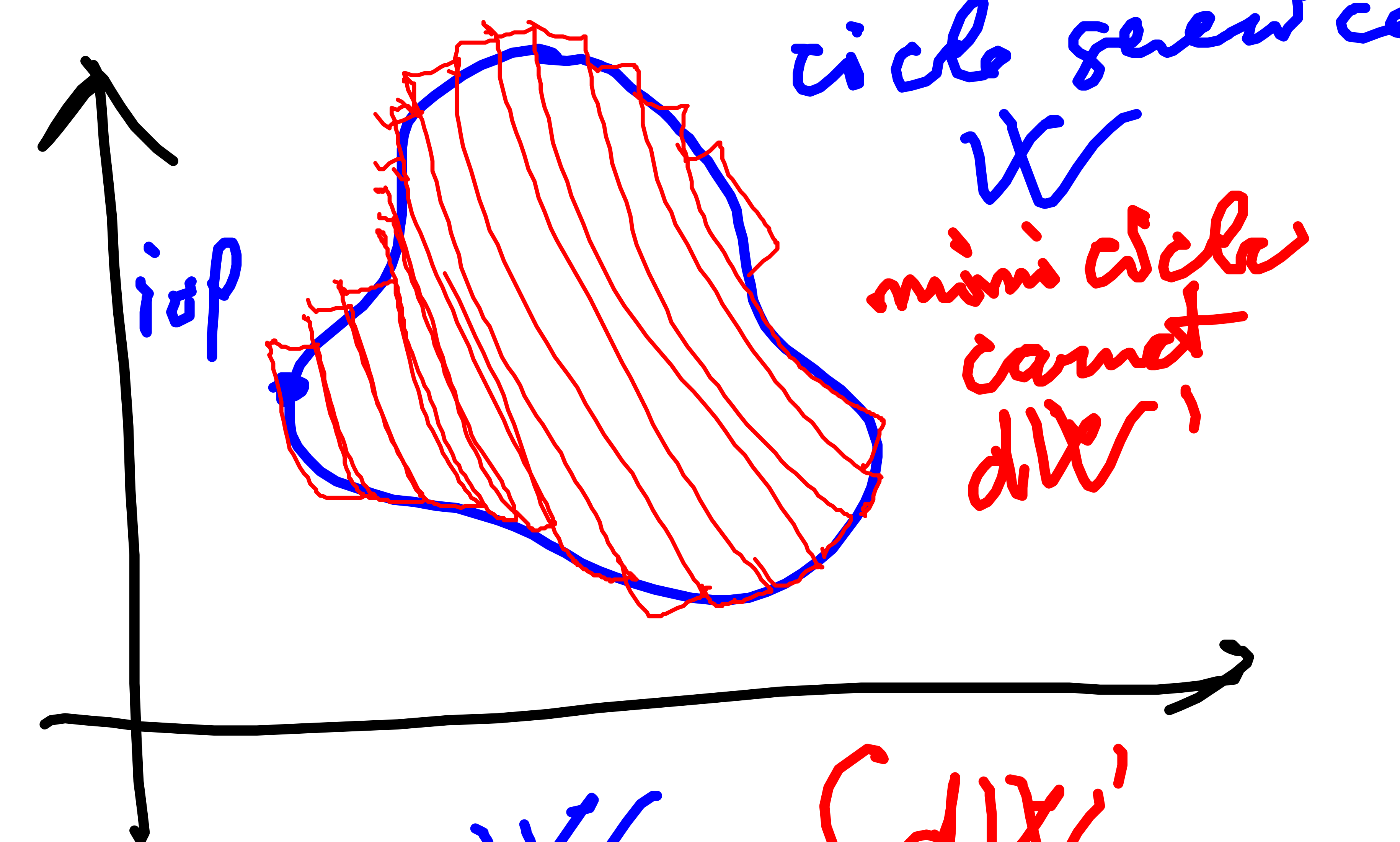
trasformazione infinitesima

ENTROPIA $dS = \frac{\delta Q}{T}$

stato i → stato f

$$\Delta S = S_f - S_i = \int_i^f \frac{\delta Q}{T}$$

ciclo reversibile



$$W = \int dW'$$

per l'entropia

$$S = \sum \Delta S = \sum \frac{\delta Q}{T}$$

$$S = \oint \frac{\delta Q}{T}$$ REVERSIBILE

$\oint \frac{\delta Q}{T} < 0$ DISUGUAGLIANZA DI CLAUSIUS