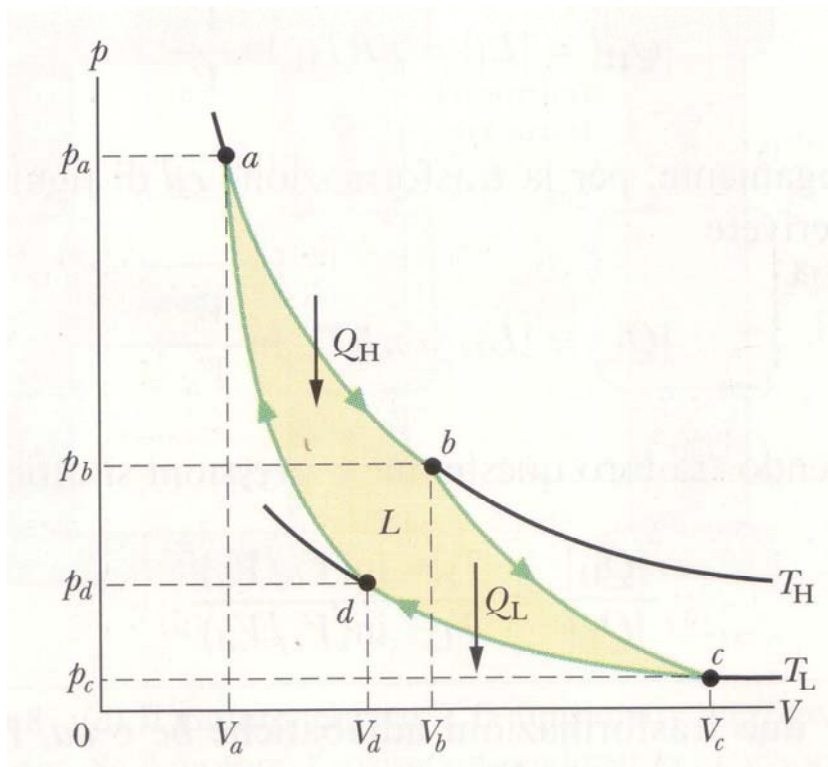


G - CICLO DI CARNOT

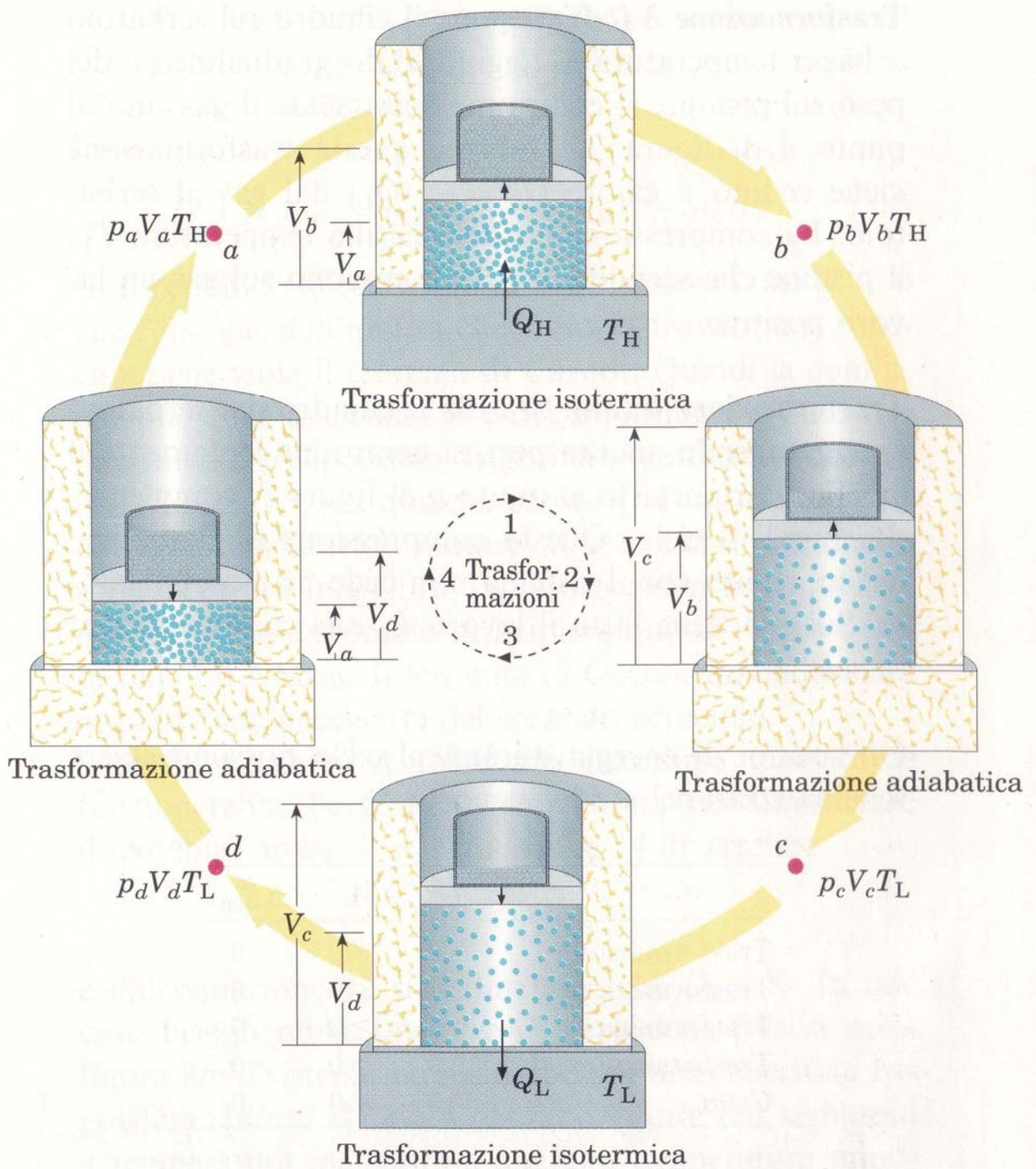
CICLO DI CARNOT

E' COSTITUITO, IN SUCCESSIONE CICLICA, DALLE SEGUENTI TRASFORMAZIONI:

1. ESPANSIONE ISOTERMA
2. ESPANSIONE ADIABATICA
3. COMPRESSIONE ISOTERMA
4. COMPRESSIONE ADIABATICA (CHE RIPORTA IL SISTEMA NELLE CONDIZIONI INIZIALI)



CICLO DI CARNOT



CICLO DI CARNOT – ANALISI ENERGETICA

1. ESPANSIONE ISOTERMA

- ASSORBE IL CALORE Q_H
- PRODUCE IL LAVORO $L_1 = Q_H$

2. ESPANSIONE ADIABATICA

- $Q = 0$
- PRODUCE IL LAVORO $L_2 = DE = n C_v (T_H - T_L)$

3. COMPRESSIONE ISOTERMA

- CEDE IL CALORE Q_L
- ASSORBE IL LAVORO $L_3 = Q_L$

4. COMPRESSIONE ADIABATICA

- $Q = 0$
- ASSORBE IL LAVORO $L_4 = DE = n C_v (T_L - T_H) = -L_2$

CONSIDERANDO IL VALORE ASSOLUTO:

$$L = L_1 + L_2 - L_3 - L_4 = L_1 - L_3 = Q_H - Q_L$$

RENDIMENTO DI UN CICLO DI CARNOT

$$e = L / Q_H = (Q_H - Q_L) / Q_H = 1 - Q_L / Q_H = 1 - T_L / T_H$$

L = LAVORO PRODOTTO DAL SISTEMA TERMODINAMICO (VALORE ASSOLUTO)

Q_H = CALORE ASSORBITO (VALORE ASSOLUTO) DAL SISTEMA TERMODINAMICO NELLA TRASFORMAZIONE 1 A TEMPERATURA T_H

Q_L = CALORE CEDUTO (VALORE ASSOLUTO) DAL SISTEMA TERMODINAMICO NELLA TRASFORMAZIONE 3 A TEMPERATURA T_L

TEOREMA DI CARNOT

IL RENDIMENTO DI QUALUNQUE MACCHINA TERMICA CHE OPERA FRA DUE TEMPERATURE ESTREME, NON PUO' MAI ESSERE SUPERIORE A QUELLO DELLA MACCHINA DI CARNOT, OPERANTE FRA LE STESSE TEMPERATURE

FISSATE T_H E T_L , SI HA SEMPRE

$$e = L / Q_H \leq 1 - T_L / T_H$$

TERZO PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA

E' IMPOSSIBILE, CON QUALSIASI PROCEDIMENTO, PORTARE UN SISTEMA ALLA TEMPERATURA DELLO ZERO ASSOLUTO CON UN NUMERO FINITO DI OPERAZIONI

E' UNA CONFERMA, COME SANCITO DAL SECONDO PRINCIPIO, CHE E' IMPOSSIBILE AVERE UNA MACCHINA TERMICA CON RENDIMENTO UNITARIO

ENTROPIA

E' UNA VARIABILE DI STATO, LA CUI VARIAZIONE, NEL PASSARE DA UNA STATO INIZIALE 1 AD UNA STATO FINALE 2, E' DEFINITA COME:

$$DS = S_2 - S_1 = \int dQ / T$$

ANCHE SE dQ NON E' UN DIFFERENZIALE ESATTO, IL DIFFERENZIALE $dS = dQ / T$ E' UN DIFFERENZIALE ESATTO

PER UN CICLO TERMODINAMICO:

$$DS = \int dQ / T = 0$$

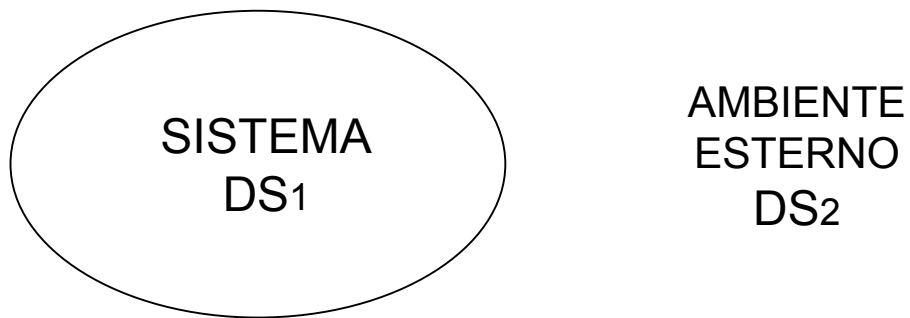
INOLTRE:

$$dQ = T dS$$

$$Q = \int T dS$$

ENTROPIA IN TRASFORMAZIONI REVERSIBILI

IN QUALUNQUE TRASFORMAZIONE REVERSIBILE, LA VARIAZIONE TOTALE DI ENTROPIA DEL COMPLESSO "SISTEMA TERMODINAMICO + AMBIENTE ESTERNO" E' NULLA



$$DS_{\text{TOTALE}} = DS_1 + DS_2 = 0$$

NE CONSEGUE :

$$DS_2 = - DS_1$$

ENTROPIA IN TRASFORMAZIONI IRREVERSIBILI

IN QUALUNQUE TRASFORMAZIONE IRREVERSIBILE, LA VARIAZIONE TOTALE DI ENTROPIA DEL COMPLESSO "SISTEMA TERMODINAMICO + AMBIENTE ESTERNO" E' MAGGIORE DI ZERO

$$DS_{\text{TOTALE}} = DS_1 + DS_2 > 0$$

A – IL SISTEMA RICEVE CALORE

$$DS_1 > 0$$

$$DS_2 < 0 \text{ E, IN VALORE ASSOLUTO : } DS_2 < DS_1$$

B – IL SISTEMA CEDE CALORE

$$DS_1 < 0$$

$$DS_2 > 0 \text{ E, IN VALORE ASSOLUTO : } DS_2 > DS_1$$

ENTROPIA IN TRASFORMAZIONI ADIABATICHE

A – ADIABATICA REVERSIBILE

$$Q = 0$$

$$DS_2 = 0$$

$$DS_1 = - DS_2 = 0$$

$$DS \text{ TOTALE} = DS_1 + DS_2 = 0$$

B – ADIABATICA IRREVERSIBILE

$$Q = 0$$

$$DS_2 = 0$$

$$DS_1 > 0$$

$$DS \text{ TOTALE} = DS_1 + DS_2 > 0$$

IL PIANO T- S

TEMPERATURA ED ENTROPIA COSTITUISCONO UNA COPPIA DI VARIABILI DI STATO (LA PRIMA INTENSIVA E LA SECONDA ESTENSIVA), CHE VENGONO SPESSO UTILIZZATE PER LA RAPPRESENTAZIONE DI TRASFORMAZIONI TERMODINAMICHE

VARIAZIONE DI ENTROPIA IN DIVERSE TRASFORMAZIONI

1. TRASFORMAZIONE ISOTERMA

$$T = \text{Costante}$$

$$DS = Q / T$$

2. TRASFORMAZIONE ISOCORA

$$V = \text{Costante}$$

$$dQ = n C_v dT$$

$$dS = dQ / T$$

$$DS = \int n C_v dT / T = n C_v \ln (T_f / T_i)$$

3. TRASFORMAZIONE ISOBARA

$$p = \text{Costante}$$

$$dQ = n C_p dT$$

$$dS = dQ / T$$

$$DS = \int n C_p dT / T = n C_p \ln (T_f / T_i)$$

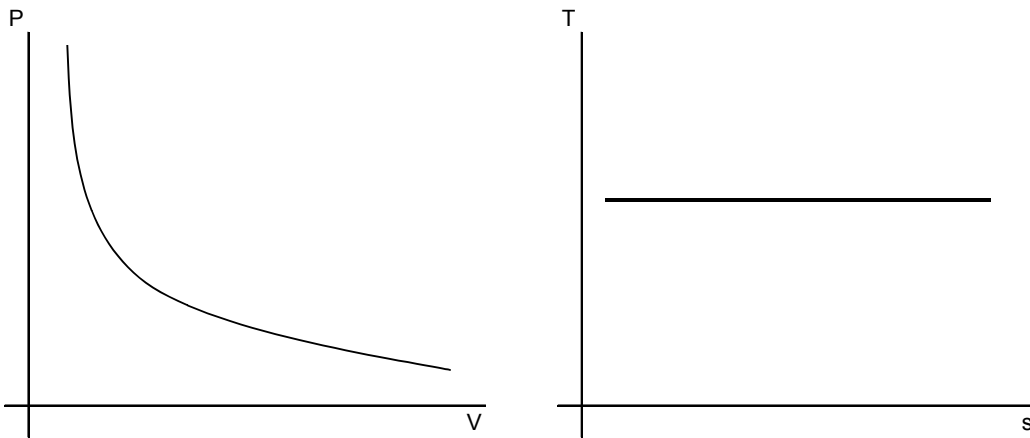
4. TRASFORMAZIONE ADIABATICA

$$Q = 0$$

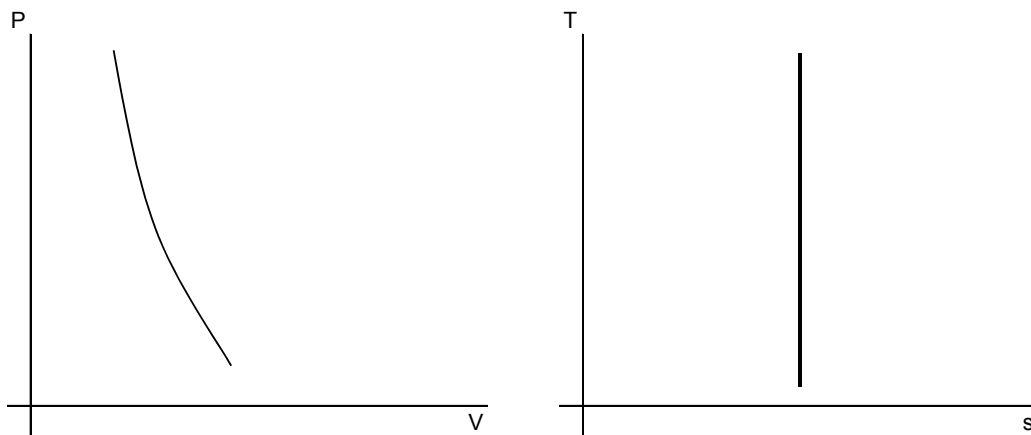
$$DS = 0$$

TRASFORMAZIONI NEI PIANI p-V T-s

TRASFORMAZIONE ISOTERMA $T = \text{Costante}$

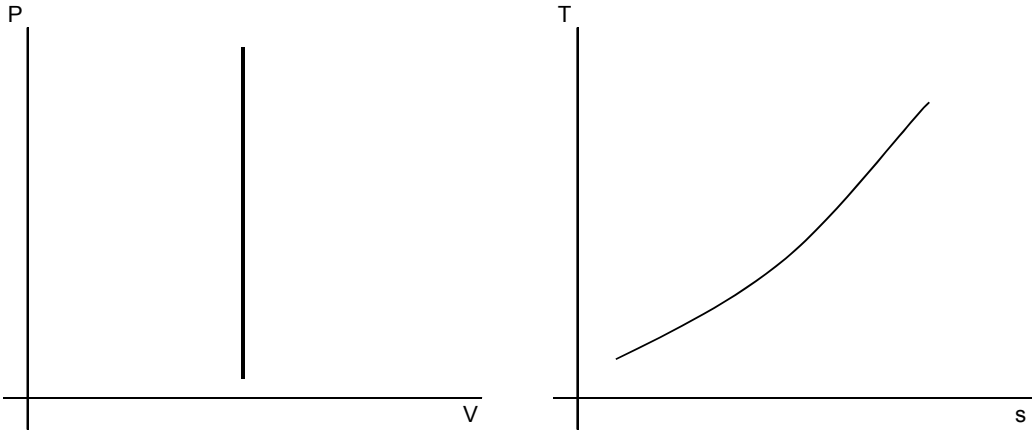


TRASFORMAZIONE ADIABATICA $Q = 0$

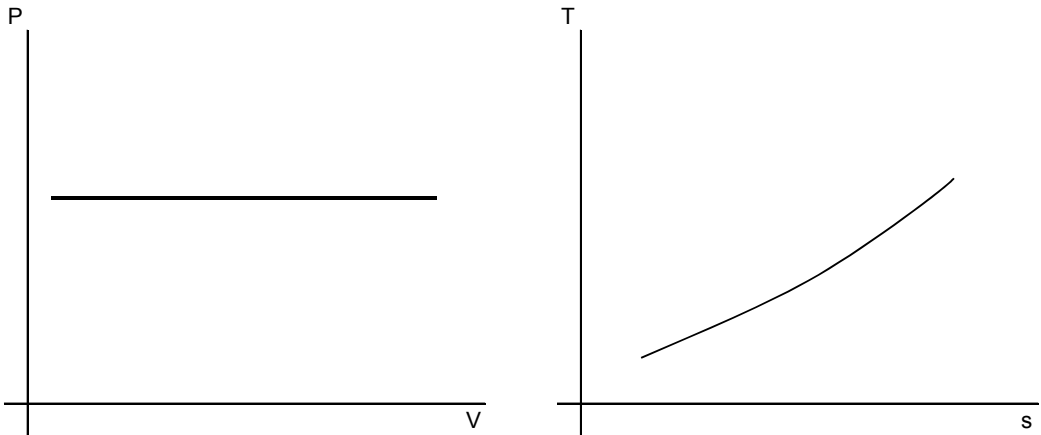


TRASFORMAZIONI NEI PIANI p-V T-s

TRASFORMAZIONE ISOCORA $V = \text{Costante}$

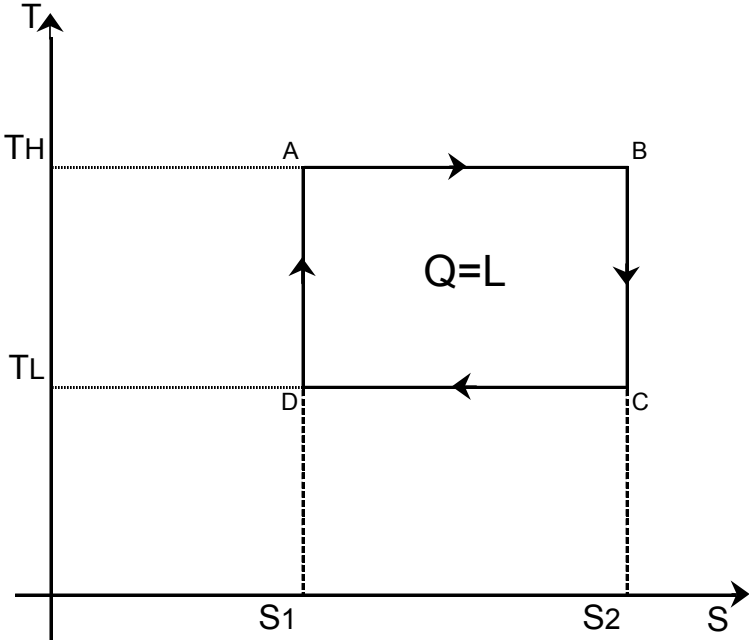


TRASFORMAZIONE ISOBARA $p = \text{Costante}$



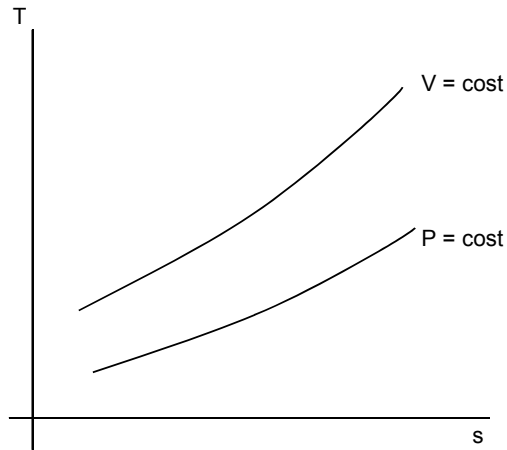
TRASFORMAZIONI NEI PIANI p-V T-s

NEL PIANO T - S IL CICLO DI CARNOT E' RAPPRESENTATO DA UN RETTANGOLO



TRASFORMAZIONI NEI PIANI p-V T-s

NEL PIANO T-s L'ISOCORA E' PIU' RIPIDA DELL'ISOBARA



NEL PIANO T-s LE ISOCORE SONO FRA DI LORO DIVERGENTI, COME PURE LE ISOBARE

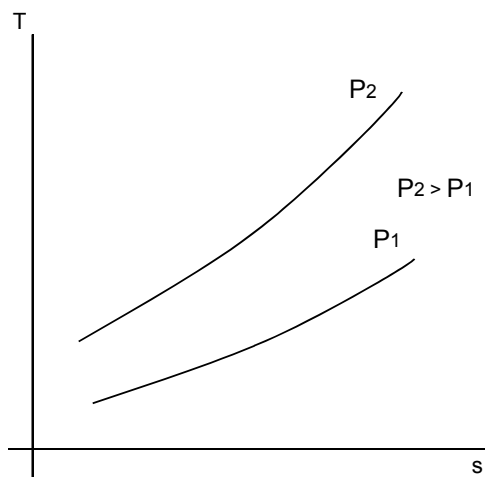


TABELLA RIEPILOGATIVA

TRASFOR- MAZIONE	EQUAZIONE	LAVORO L	CALORE Q	CAL. SPEC. c	VARIAZ. E.I. DE	VAR. ENTR. DS
T = COST.	$P_i V_i = P_f V_f$	$- n R T \ln (V_f / V_i)$	- L	INFINITO	0	Q / T
P = COST.	$V_i / T_i = V_f / T_f$	$- P (V_f - V_i)$	$n C_p (T_f - T_i)$	c_p	$n C_v (T_f - T_i)$	$n C_p \ln(T_f/T_i)$
V = COST.	$P_i / T_i = P_f / T_f$	0	$n C_v (T_f - T_i)$	c_v	Q	$n C_v \ln(T_f/T_i)$
ADIABATICA	$P_i V_i^k = P_f V_f^k$	$(P_f V_f - P_i V_i) / (k - 1)$	0	0	L	0