

Approfondimenti

Rinaldo Rui

ultima revisione:

15 luglio 2024

3 Secondo Principio della Termodinamica

3.6 Lezione #14

3.6.2 Trasformazioni Adiabatiche Irreversibili

Questo tipo di trasformazioni ha un'importanza fondamentale nello studio della Termodinamica, ancor di più se lo osserviamo nel contesto dell'enunciato di Caratheodory, che dimostra l'equivalenza delle trasformazioni adiabatiche reversibili con le curve isoentropiche. A noi preme qui dimostrare che l'Universo Termodinamico compie trasformazioni adiabatiche irreversibili che implicano una direzione della "freccia del tempo", nel senso che ogni trasformazione che avviene in natura porta l'universo in un punto da cui non può più tornare indietro, in nessun modo. Prendiamo in considerazione le trasformazioni adiabatiche irreversibili di un gas ideale (ma solo perché ci è facile disegnare le curve isoterme e adiabatiche), così come indicate in fig. 1. Consideriamo una serie di espansioni e compressioni adiabatiche reversibili tra il volume $V_1 (= V_A = V_C = V_{C'})$ ed il volume $V_2 (= V_B = V_{B'} = V_{B''} = V_D = V_{D'} = V_{D''})$. Ricordiamoci che nel caso di trasformazioni adiabatiche (qualsiasi), la variazione di Entropia dell'Universo coincide con la variazione di Entropia del Sistema (nel nostro caso del gas ideale) in quanto NON vi sono scambi di calore con l'Ambiente.

La prima trasformazione è un'espansione che parte da A ed arriva in un punto $B' < B < B''$, cioè in un punto che deve stare sopra la curva *Adiabatica* A e sotto la curva *Isoterma* A per le seguenti ragioni:

- Se l'espansione scendesse al di sotto del punto B' significherebbe che la variazione di Entropia del Sistema è negativa, in quanto le curve adiabatiche reversibili coincidono con le curve Isoentropiche, e la funzione Entropia aumenta all'aumentare di V e T per quanto visto. B' rappresenta pertanto il valore inferiore per non violare il II PTD.
- Se l'espansione arrivasse in un punto superiore al punto B'' , rappresentato dall'espansione Isoterma, violeremmo il I PTD. Infatti, sopra

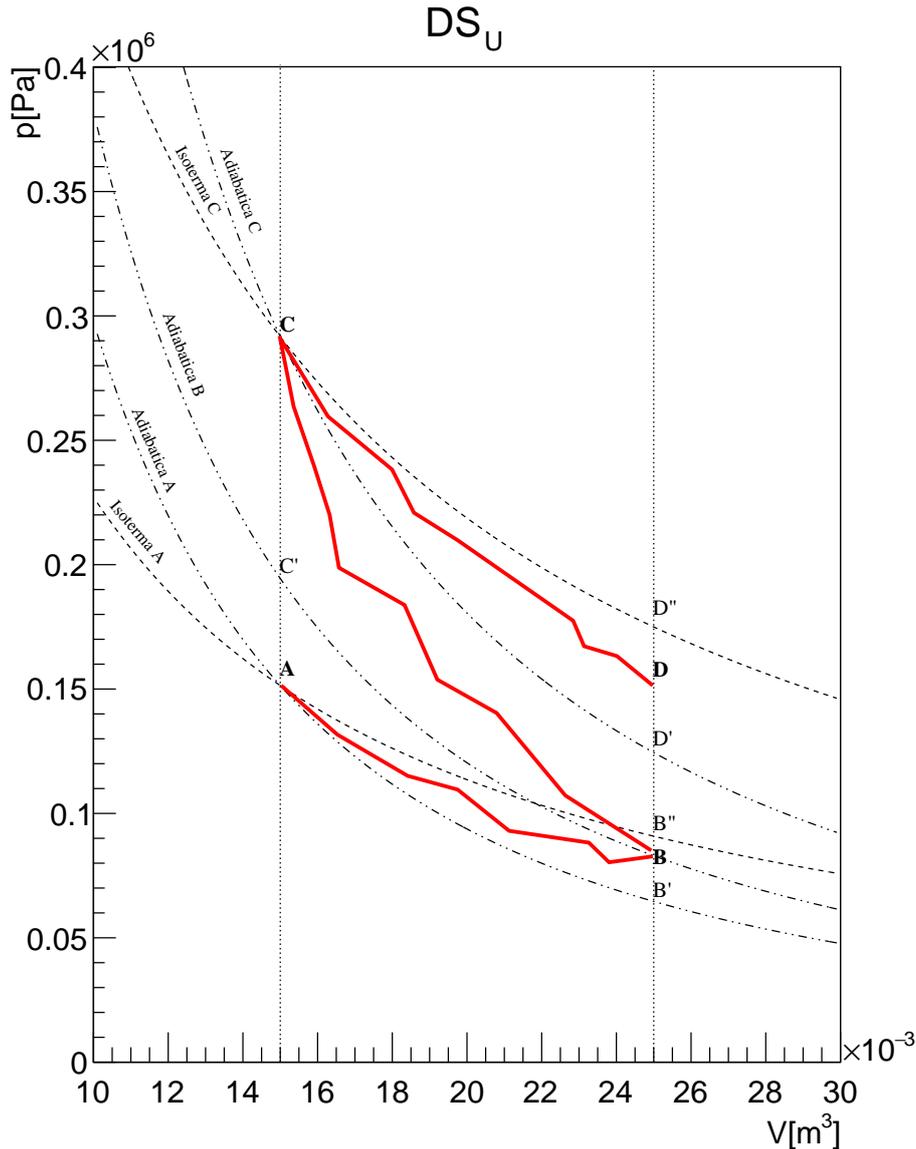


Figura 1: Serie di trasformazioni adiabatiche irreversibili

il punto B'' la temperatura risulta maggiore e pertanto il lavoro dell'espansione adiabatica, che è sempre dato da $L = -\Delta U = nc_V(T_i - T_f)$ risulterebbe negativo, cosa impossibile per un'espansione (al massimo possiamo avere $L = 0$ nel caso dell'espansione libera).

Pertanto l'espansione adiabatica irreversibile da V_1 a V_2 ci porta necessariamente in un punto $B' < B < B''$. Il lavoro dell'espansione dipende dalla differenza tra la temperatura iniziale e la temperatura finale secondo l'equazione appena vista, ed è massimo lungo l'adiabatica reversibile (come ci si aspetta) e nullo nel caso dell'espansione libera, che sappiamo essere per un gas perfetto contemporaneamente un'espansione adiabatica ed isoterma (irreversibile).

A questo punto vogliamo comprimere il gas e riportarlo al volume iniziale attraverso una trasformazione adiabatica irreversibile. Per farlo disegniamo l'Isoentropica *Adiabatica B* che ci servirà come riferimento in quanto, anche in

questo caso, la trasformazione non deve violare i due PTD visti. È immediato dedurre come la compressione debba tornare al volume iniziale V_1 in un punto $C > C'$, perché il sistema non può avere una variazione di Entropia negativa. In questo caso la condizione di non violare il I PTD, ovvero quella di avere raggiunto una temperatura superiore a quella iniziale non è necessaria, in quanto l'isoterma che passa per B (non disegnata) è meno pendente della corrispondente *Adiabatica B*.

La terza trasformazione è una nuova espansione adiabatica irreversibile e per quanto già visto dovrà arrivare al volume V_2 in un punto compreso tra D' (*Adiabatica C*) e D'' (*Isoterma C*).

A questo punto è immediato osservare come sia impossibile ritornare al punto A mediante sole trasformazioni adiabatiche irreversibili. Ma se ora facciamo coincidere il nostro Sistema con l'Universo Termodinamico quello che otteniamo è proprio quanto ipotizzato: l'Universo si muove in una direzione sola e non può tornare dov'era.