



POLITECNICO
MILANO 1863

Esercitazione 01 - Bilanci e Equazione di Stato

Esercizio 06 ([link registrazione](#))

Corso di Fisica Tecnica
a.a. 2019-2020

Prof. Gaël R. Guédon
Dipartimento di Energia, Politecnico di Milano

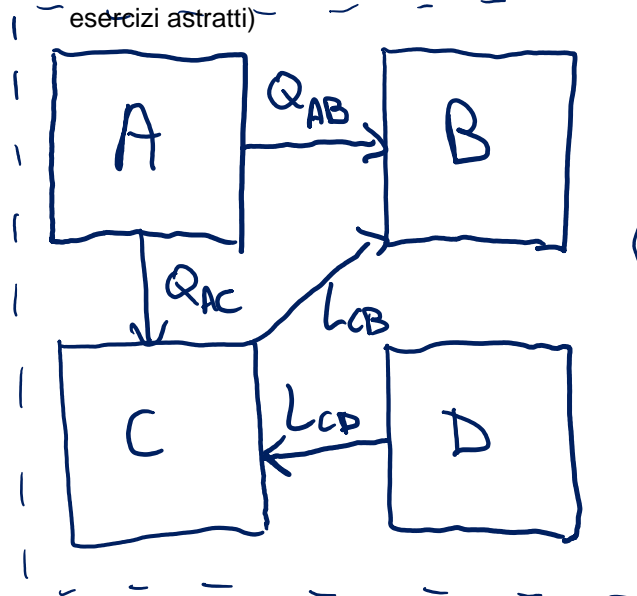
Esercizio 06

1.6. [intermedio] Un sistema composto è costituito da quattro sottosistemi ^(sottosistemi chiusi) A, B C e D. Il sottosistema A cede un calore $Q_{AB} = 300$ kcal al sottosistema B ed un calore $Q_{AC} = 120$ kcal al sottosistema C. Il sottosistema C fornisce un lavoro $L_{CB} = 230$ kJ al sottosistema B ed assorbe un lavoro $L_{CD} = 400$ kJ dal sottosistema D. Si chiede di determinare le variazioni di energia interna ed il segno delle variazioni di entropia dei quattro sottosistemi e del sistema completo ipotizzando che nei quattro sottosistemi si abbiano trasformazioni internamente reversibili.

$$[\Delta U_A = -1758.1 \text{ kJ}; \Delta U_B = 1485.8 \text{ kJ}; \Delta U_C = 672.3 \text{ kJ}; \Delta U_D = -400 \text{ kJ}; \\ \Delta U_{TOT} = 0 \text{ kJ}; \Delta S_A < 0; \Delta S_B > 0; \Delta S_C > 0; \Delta S_D = 0; \Delta S_{TOT} \geq 0]$$

- schema
- dati (congruenza dei dati)
- bilancio dei sistemi

Schematizziamo il problema: (per ora faremo esercizi astratti)



Σ (sistema composto, insieme dei sottosistemi)

scriviamo ora i bilanci dei nostri sotto sistemi:

Dati del problema:

$$Q_{AB} = 300 \text{ kcal} = 1256 \text{ kJ}$$

(moltiplicando per 4,186)

$$Q_{AC} = 120 \text{ kcal} = 502 \text{ kJ}$$

$$L_{CB} = 230 \text{ kJ}$$

$$L_{CD} = 400 \text{ kJ}$$

queste sono le cosiddette grandezze assolute, perchè sono senza verso, non sono nè entranti nè uscenti da un sistema. Nel disegno a lato invece abbiamo rappresentato il verso di queste grandezze

il passo successivo è quello di verificare la congruenza delle nostre grandezze e nel cambiare le unità di misura delle grandezze con il sistema internazionale (Joule), o comunque con la stessa grandezza (chilo Joule)

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta U_i = \sum Q_i^{\leftarrow} - \sum L_i^{\rightarrow} \\ \Delta S_i = \sum S_{Q_i}^{\leftarrow} + S_{irr,i} \end{array} \right.$$

Primo principio della termodinamica

secondo principio della termodinamica

Ipotesi:

1) *Trasf. Intern. Rev.* $\Rightarrow \forall i \quad \Delta S_i = \sum S_{Q_i}^{\leftarrow}$

2) *Hyp. $T_i = \text{costante}$* $\Rightarrow \forall i \quad \Delta S_i = \sum \frac{Q_i^{\leftarrow}}{T_i}$

Questa seconda ipotesi non era illustrata nel problema, non va a modificare i risultati, la scrive solo per farci vedere una maniera più comoda per scrivere questa ipotesi.

Vediamo il bilancio sul sistema isolato composto Z:

Z è isolato $\left\{ \begin{array}{l} \Delta U_Z = \sum \Delta U_i = 0 \\ \Delta S_Z = \sum \Delta S_i \geq 0 \end{array} \right.$

(uguale a 0 perchè è isolato, non scambia lavoro o calore con l'esterno)

(essendo Z isolato, il secondo Principio della termodinamica ci dice che deve essere ≥ 0 , in particolare sarebbe $= 0$, solo se l'insieme di tutto quello che avviene fra i sottosistemi avviene in maniera reversibile, e sarebbe maggiore di 0 se ci sono irreversibilità esterne)

Applichiamo ora i bilanci su ognuno dei sottosistemi:

A: $Q_{AB} = Q_{AB}^{\rightarrow}$ (è uscente) $Q_{AC} = Q_{AC}^{\rightarrow}$ (è uscente)

$(Q^{\leftarrow} = -Q^{\rightarrow})$

Il verso di queste grandezze ci serve per capire i segni da usare nei bilanci

$\Delta U_A = \sum Q_A^{\leftarrow} - \sum L_A^{\rightarrow} (=0) = Q_{AB}^{\leftarrow} + Q_{AC}^{\leftarrow} = -Q_{AB}^{\rightarrow} - Q_{AC}^{\rightarrow} = -Q_{AB} - Q_{AC}$

$\Delta U_A = -1256 - 502 = -1758 \text{ kJ}$

(Unità di misura importante, qua non le abbiamo messe nei passaggi intermedi perchè erano evidenti, ma per buona pratica si mettono di solito)

$\Delta S_A = -\frac{Q_{AB}}{T_A} - \frac{Q_{AC}}{T_A} < 0 \text{ kJ/K}$

Non sappiamo la temperatura T_A , ma essendo una temperatura mai negativa (in gradi kelvin), quindi di questa grandezza possiamo solo dire il segno.

qua il delta S_A non ha problemi a essere negativo, il problema è se il delta S_Z (del sistema intero) è negativo, perchè vorrebbe dire che il sistema che stiamo analizzando non è fattibile nella realtà.

Esercizio 06

Sottosistema B: (stesso discorso del sistema A)

$$B: Q_{AB} = \overset{\leftarrow}{Q}_{AB} \quad L_{CB} = \overset{\leftarrow}{L}_{CB}$$

$$\Delta U_B = \overset{\leftarrow}{Q}_{AB} - \vec{L}_{CB} = \overset{\leftarrow}{Q}_{AB} + \overset{\leftarrow}{L}_{CB} = Q_{AB} + L_{CB} = 1256 + 230 = 1486 \text{ kJ}$$

$$\Delta S_B = \frac{Q_{AB}}{T_B} > 0 \text{ kJ/K}$$

Sottosistema C: (stesso discorso del sistema A)

$$C: Q_{AC} = \overset{\leftarrow}{Q}_{AC} \quad L_{CB} = \vec{L}_{CB} \quad L_{CD} = \overset{\leftarrow}{L}_{CD}$$

$$\Delta U_C = \overset{\leftarrow}{Q}_{AC} - \vec{L}_{CB} - \vec{L}_{CD} = \overset{\leftarrow}{Q}_{AC} - \vec{L}_{CB} + \overset{\leftarrow}{L}_{CD} = Q_{AC} - L_{CB} + L_{CD}$$

$$\Delta U_C = 502 - 230 + 400 = 672 \text{ kJ}$$

$$\Delta S_C = \frac{Q_{AC}}{T_C} > 0 \text{ kJ/K}$$

Esercizio 06

Sottosistema D: (stesso discorso del sistema A)

$$D: \Delta U_D = -L_{CD}^{\rightarrow} = -L_{CD} = -400 \text{ kJ}$$

$$L_{CD} = L_{CD}^{\rightarrow}$$

$$\Delta S_D = 0 \quad \text{kJ/K}$$

Esercizio 06

Sistema composto Z:

$$\Delta U_Z = 0$$

La somma dei delta U di A,B,C,D deve dare il valore 0, perchè il sistema composto è isolato.

$$\Delta S_Z = \sum_i \Delta S_i = -\frac{Q_{AB}}{T_A} - \frac{Q_{AC}}{T_A} + \frac{Q_{AB}}{T_B} + \frac{Q_{AC}}{T_C} = S_{irr, Z} \geq 0$$

è il termine di generazione di entropia per irreversibilità per il sistema z (cioè esterne al sistema z)

In questo esercizio abbiamo visto tre casi particolari:

3 CASI

Se le tre temperature sono uguale, allora sostituendo nell'eq sopra otteniamo:

• $T_A = T_B = T_C : \Delta S_Z = 0$ SISTEMA OPERA REVERSIBILMENTE

• $T_A > T_B, T_A > T_C : \Delta S_Z > 0$ SCAMBI AVVENGONO CON ΔT FINITE
Questo caso è una sorgente di irreversibilità esterne

• $T_A < T_B, T_A < T_C : \Delta S_Z < 0$ IMPOSSIBILE
Bilancio entropico negativo = impossibile

Nel nostro esercizio, A scambia calore in direzione di B e C, dunque che A sia di temperatura maggiore di B e C implica che ci sia uno scambio di calore naturale.