

Trasformazione isobara

Calcolare il lavoro compiuto, il calore assorbito, le variazioni di energia interna ed entropia per un gas perfetto monoatomico durante una trasformazione isobara.

Richiami teorici

È data una certa quantità di gas perfetto monoatomico; di esso conosciamo il numero di moli n , la pressione iniziale p_0 e il volume iniziale V_0 . Facciamo espandere il gas a pressione costante fino ad un certo volume finale. Suddividiamo la trasformazione in tanti piccoli intervalli durante ognuno dei quali il volume aumenta di una quantità ΔV . Detta p la pressione del gas, la temperatura T in ogni intervallo si può calcolare applicando l'equazione di stato dei gas perfetti: $T = \frac{p \cdot V}{nR}$, dove R è la costante dei gas che vale $8,31 \frac{J}{mol \cdot K}$. Il lavoro in ogni intervallo è dato dalla formula: $L = p \cdot \Delta V$, mentre la variazione di energia interna di un gas perfetto monoatomico si calcola mediante la formula: $\Delta U = \frac{3}{2} nR \cdot \Delta T$. Per ottenere il calore scambiato applichiamo il primo principio della termodinamica: $Q = L + \Delta U$. Infine, la variazione di entropia in ogni intervallo è data dal rapporto tra il calore scambiato e la temperatura (approssimativamente) costante nell'intervallo: $\Delta S = \frac{Q}{\Delta T}$.

Traccia della risoluzione

1. In un nuovo foglio di lavoro di Excel, dopo la riga del titolo predisporre le righe dei dati iniziali in cui inserire la quantità del gas (in numero n di moli), il volume iniziale V_0 , la pressione iniziale p_0 .
2. Preparare l'eventuale cella per trasformare in unità di misura SI la pressione iniziale non in SI.
3. Predisporre la cella per definire il valore ΔV dell'incremento di volume, inserito dall'utente.
4. Preparare le colonne:
 - a. della pressione p (in Pa), che rimane costante durante tutta la trasformazione
 - b. del volume V del gas (in m^3), calcolato mediante la somma del volume del passo precedente più l'incremento di volume
 - c. della temperatura calcolata mediante l'equazione di stato dei gas perfetti
 - d. del lavoro ΔL (in J) compiuto dal gas, calcolato mediante il prodotto della pressione per l'incremento di volume e sommato al valore precedente
 - e. dell'energia interna calcolata moltiplicando $\frac{3}{2} nR$ per l'incremento di temperatura e sommata al valore precedente
 - f. del calore ottenuto sommando i valori della colonna del lavoro con quelli della colonna dell'energia interna
 - g. dell'entropia calcolata facendo il rapporto tra il calore scambiato nell'intervallo e la temperatura dell'intervallo
5. Preparare i grafici – in funzione del volume – della temperatura, di lavoro calore ed energia interna, dell'entropia.

Realizzazione del foglio di lavoro

In una nuova cartella di Excel inseriamo nelle prime quattro righe una casella di testo, con il titolo: "Lavoro, calore, energia interna ed entropia in una trasformazione isobara". Salviamo il foglio di calcolo con il nome *Isobara*. Rinominiamo il *Foglio1* con "Trasformazione isobara".

Predisponiamo le celle per i dati iniziali.

Scriviamo in A5: "DATI"; in A6: "Numero moli del gas, n ="; in E6: "moli"; in A7: "Volume iniziale, V_0 ="; in E7: " m^3 "; in A8: "Pressione iniziale, p_0 ="; in A9: "Incremento del volume, ΔV ="; in E9: " m^3 ".

Trasformazione da atm a Pa dell'unità di pressione

La pressione iniziale del gas può essere data in Pa o in atm. In quest'ultimo caso dobbiamo trasformare le atm in Pa moltiplicando il valore della pressione per 101325. Predisponiamo la cella F8 per esprimere in Pa la pressione del gas utilizzando la funzione logica di Excel **SE(test; se_vero; se_falso)**. Scriviamo pertanto nella cella:

F8: =SE(E8="atm";D8*101325;SE(E8="Pa";D8))

L'effetto di questa formula è tale per cui **se** in E8 abbiamo scritto "atm", **allora** il programma scrive in F8 il risultato del prodotto tra il contenuto della cella D8 per il fattore 101325, altrimenti, se in E8 è già scritto "Pa", il programma copia nella cella F8 il valore che si trova in D8. Scriviamo in G8: "Pa".

Fissiamo ora nella cella F8 lo stesso numero di cifre significative della cella D8 e impostiamo la visualizzazione in notazione scientifica.

Per visualizzare il corretto numero di cifre significative, per esempio tre cifre, dopo aver selezionato la cella interessata, aumentiamo o diminuiamo il numero di cifre mediante i pulsanti , rispettivamente **Aumenta decimali** e **Diminuisci decimali** posti sulla barra degli strumenti.

Scriviamo i seguenti dati:

in D6: 1,00; in D7: 0,0200; in D8: 8,31E+04, in E8: "Pa". Poiché la pressione è già espressa in Pa, nella cella F8 appare 8,31E+04. Scriviamo in D9: 0,000300.

Prepariamo ora la tabella dei calcoli

Scriviamo in grassetto le intestazioni di colonna: B11: "*p* (Pa)"; C11: "*V* (m^3)"; D11: "*T* (K)"; E11: "*L* (J)"; F11: " ΔU (J)"; G11: "*Q* (J)"; H11: " ΔS (J/K)".

Per scrivere l'esponente nella cella, dopo averlo selezionato, clic sul pulsante **Formato** della scheda **Home**, scegliamo **Formato Celle** e l'opzione **Apice**.

	A	B	C	D	E	F	G
5	DATI						
6	Numero moli del gas, n =			1,00	moli		
7	Volume iniziale, V_0 =			0,0200	m^3		
8	Pressione iniziale, p_0 =			8,31E+04	Pa	8,31E+04	Pa
9	Incremento del volume, ΔV =			0,00030	m^3		
10							
11	p (Pa)	V (m^3)	T (K)	L (J)	ΔU (J)	Q (J)	ΔS (J/K)

Inseriamo ora le formule nella tabella dei calcoli.

Nella prima riga

A12: =F\$8 (pressione iniziale che rimane costante per tutta la trasformazione);

B12: =D7 (volume iniziale);

C12: =A12*B12/(\$D\$6*8,31) (temperatura calcolata mediante l'equazione di stato dei gas perfetti, il numero di moli contenuto in D6 ha l'indirizzo assoluto perché deve rimanere costante nel trascinarsi);

D12: 0 (all'inizio il lavoro è nullo);

E12: 0 (la variazione di energia interna all'inizio è nulla);

F12: =D12+E12 (calore scambiato calcolato mediante il primo principio della termodinamica);

G12: 0 (la variazione di entropia rispetto allo stato iniziale è nulla).

Nella seconda riga

A13: =F\$8; il contenuto è esattamente uguale a quello di A12 (F\$8) in quanto la trasformazione è isobara;

B13: =B12+\$D\$9 (sommiamo al volume precedente l'incremento di volume contenuto in D9, quest'ultima cella ha il riferimento assoluto);

C13: =A13*B13/(\$D\$6*8,31) (è la formula in C12 ricopiata per trascinarsi in C13);

D13: =A13*\$D\$9+D12 (al lavoro del passo precedente viene sommato il prodotto della pressione, contenuto in A13, per l'incremento di volume D9);

E13: =E12+1,5*\$D\$6*8,31*(C13-C12) (al valore precedente viene sommata la variazione di energia interna nell'intervallo, C13-C12 è l'incremento di temperatura);

F13: =D13+E13 (è la formula in F12 ricopiata);

G13: =G12+(F13-F12)/C12 (al valore precedente viene sommata la variazione di entropia nell'intervallo, F13-F12 è il calore scambiato e C12 è la temperatura).

Dopo aver selezionato le celle da A13 a G13, mediante il quadratino di trascinarsi, copiamo le formule in esse contenute fino ad ottenere nella colonna C il volume finale. Se per esempio vogliamo arrivare fino a 0,05 m³, trascineremo il quadratino dalla riga 13 alla riga 112.

Grafico V-T

Selezioniamo le celle da B11 a C112 e nella scheda **Inserisci** scegliamo il tipo di grafico a **Dispersione con linee smussate**. Titolo dell'asse orizzontale: "V (m³)", Titolo dell'asse verticale: "T (K)".

Grafici del lavoro, energia interna e calore

Tenendo premuto il tasto *Ctrl*, selezioniamo le celle da B11 a B112 e da D11 a F112. Nella scheda **Inserisci** scegliamo il tipo di grafico a **Dispersione con linee smussate**. Nessun titolo, inseriamo in alto la legenda, titolo asse orizzontale: "V (m³)", titolo asse verticale: "J".

Grafico dell'entropia

Tenendo premuto il tasto *Ctrl*, selezioniamo le celle da B11 a B112 e da G11 a B112. Nella scheda **Inserisci** scegliamo il tipo di grafico a **Dispersione con linee smussate**. Nessun titolo, titolo asse orizzontale: "V (m³)", titolo asse verticale: "S (J/K)".

Otteniamo il foglio illustrato in figura.

