

## CALORE, TERMODINAMICA E GAS

AIF – Olimpiadi di Fisica 2010

Gara Nazionale: PROVA TEORICA – Senigallia – 9 Aprile 2010

## PROBLEMA n. 2 – Ciclo termodinamico

90 Punti

Una mole di gas perfetto biatomico esegue un ciclo termodinamico composto da un riscaldamento isocoro reversibile, un'espansione adiabatica irreversibile e una compressione isobara, pure reversibile.

- Nello stato iniziale A la temperatura del gas è  $T_A = 290$  K.
- Per portarsi allo stato B, il gas viene riscaldato fino alla temperatura  $T_B > T_A$ ; il volume del gas viene mantenuto costante.
- Dallo stato B il gas viene fatto espandere rapidamente senza scambio di calore fino allo stato C in cui il volume del gas è  $V_C = 2V_A$  e la pressione è  $p_C = p_A$ .
- Il ciclo viene chiuso raffreddando il gas in modo da riportarlo alla temperatura iniziale  $T_A$  mentre la pressione del gas resta costante.

Mentre il volume del gas nello stato B è fissato, la sua temperatura può essere scelta a piacere, purché sia più alta di  $T_A$ .

1. Calcolare la temperatura dello stato C e la quantità totale di calore che il gas cede alle sorgenti per realizzare la trasformazione  $C \rightarrow A$ .
2. Calcolare l'intervallo entro cui può essere scelto il valore della temperatura dello stato B,  $T_B$ , in modo tale che il ciclo possa essere realizzato fisicamente.

Al variare della temperatura  $T_B$  nell'intervallo trovato sopra, si osserva che l'energia scambiata sotto forma di lavoro tra il gas e l'ambiente cambia segno; si dirà che il ciclo ha carattere **termico** se il gas fa lavoro sull'ambiente mentre al contrario ha carattere **frigorifero**.

3. Determinare per quali valori della temperatura di B il ciclo è di tipo frigorifero e per quali si tratta di un ciclo termico.
4. Determinare come variano il rendimento del ciclo termico e l'efficienza frigorifera (definita come rapporto  $Q_1/|L|$  dove  $Q_1$  è il calore effettivamente assorbito ed  $L$  il lavoro utilizzato nel ciclo) nell'intervallo di temperature di B trovate. Tracciare due grafici che mostrano l'andamento delle funzioni così ottenute, in funzione di  $T_B$ , dopo averne calcolato i valori estremi.

**Nota.** Con riferimento alla domanda 2 si richiamano le definizioni di energia interna e di entropia:

- a) L'energia interna  $U$  di un gas perfetto è una variabile di stato la cui variazione è definita da

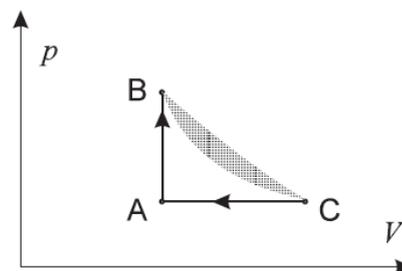
$$\Delta U = Q - L$$

dove  $Q$  ed  $L$  indicano, rispettivamente, il calore assorbito e il lavoro compiuto sull'esterno.

- b) L'entropia  $S$  di un gas perfetto è una variabile di stato per cui vale la relazione

$$\Delta S = nR \ln \frac{V_f}{V_i} + n c_V \ln \frac{T_f}{T_i}$$

dove i ed f indicano lo stato iniziale e lo stato finale di una trasformazione qualsiasi effettuata dal gas e  $c_V$  il calore molare a volume costante.



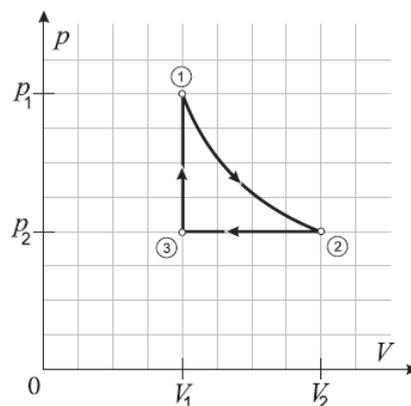
## PROBLEMA n. 2 – Tri-ciclo... termodinamico

35 Punti

La figura rappresenta un ciclo termodinamico cui è sottoposto un sistema di  $n$  moli di un gas perfetto monoatomico.

Il volume del gas è inizialmente raddoppiato mediante una trasformazione isoterma quasi statica 1-2, e successivamente viene riportato al valore iniziale con una compressione isobara quasi statica 2-3. Infine, con un riscaldamento durante il quale il volume rimane costante, il sistema viene riportato allo stato iniziale.

- Calcolare il rendimento di un'ipotetica macchina termica che segua questo ciclo termodinamico.



## Problema 2 Macchina di Stirling

Una macchina termica esegue cicli di Stirling reversibili, ovvero cicli formati da due trasformazioni isoterme e due isocore; la sostanza termometrica è costituita da 2 moli di gas perfetto.

Le trasformazioni isoterme avvengono alle temperature di due sorgenti esterne di calore:  $T_1 = 500\text{ K}$  e  $T_2 = 350\text{ K}$ . Durante un ciclo, dalla sorgente a temperatura maggiore viene assorbita una quantità di calore pari a  $4.0\text{ kJ}$ .

1. Mostrare che il calore assorbito durante la fase di riscaldamento è uguale a quello ceduto durante il raffreddamento.

Poiché, come si è detto, il calore assorbito durante la fase di riscaldamento è uguale a quello ceduto durante il raffreddamento, tra le stesse temperature, l'effettivo scambio di calore tra la macchina e l'esterno avviene solo durante le trasformazioni isoterme con le rispettive sorgenti di calore; ne segue che, dal punto di vista del rendimento, una macchina termica di Stirling è del tutto assimilabile a una di Carnot, che scambia calore con le stesse due sorgenti.

2. Dopo aver calcolato il rendimento della macchina di Stirling, trovare il lavoro eseguito in un ciclo.
3. Calcolare il rapporto tra valore iniziale e finale del volume durante ogni trasformazione isoterma.
4. Calcolare il rapporto tra valore iniziale e finale della pressione durante ciascuna trasformazione isocora.
5. Disegnare con accuratezza il ciclo termodinamico nel piano  $(p, V)$  tenendo conto delle relazioni trovate tra i volumi e le pressioni.

AIF – Olimpiadi di Fisica 2004

Gara di 2° Livello – Prima parte: QUESITI – 13 Febbraio 2004

## quesito 10

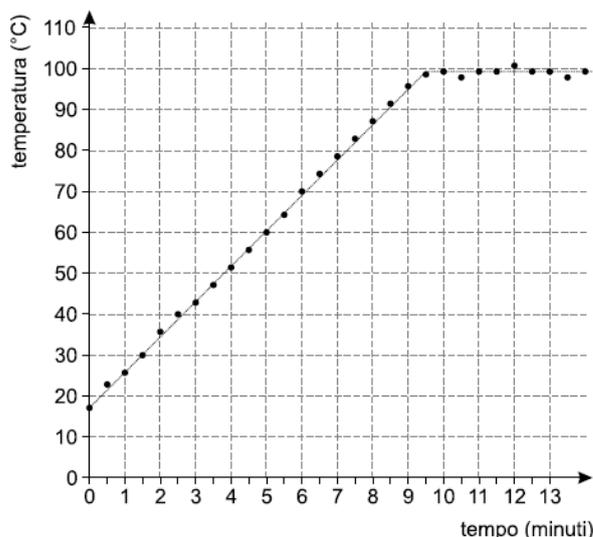
Un recipiente contiene dell'elio che espande a pressione costante mentre gli vengono trasferiti dall'esterno 15 kJ di energia sotto forma di calore.

- Di quanto varia l'energia interna del gas durante il processo?

## quesito 9

In un esperimento di laboratorio si sta studiando il comportamento dell'acqua che viene riscaldata.

Un becker contiene 200 g di acqua che viene riscaldata mentre ogni 30 secondi viene misurata la sua temperatura. Il grafico seguente riporta i valori registrati.



- Sapendo che il calore specifico dell'acqua vale  $4.18 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ , stimare la potenza trasferita dalla fiamma all'acqua.

AIF – Olimpiadi di Fisica 2012

Gara di 2° Livello – 10 Febbraio 2012

## Q 9

Un motorino elettrico ha capacità termica  $C = 67 \text{ J K}^{-1}$ . Esso viene isolato termicamente e adoperato per sollevare da terra una massa  $m = 3.5 \text{ kg}$  attaccata all'asse del motore mediante un filo. Il motore viene arrestato quando la massa ha raggiunto un'altezza  $h = 1.5 \text{ m}$ . Quando si apre il circuito, la massa ritorna a terra lentamente, a velocità costante, srotolando il filo. Il motorino funziona per  $t = 48 \text{ s}$  e, in questo tempo, fluisce una corrente  $i = 1.02 \text{ A}$  mentre la tensione applicata è  $V = 4.85 \text{ V}$ .

- Di quanto aumenta la temperatura del motorino elettrico in seguito a tale processo?

NOTA: Si supponga che l'unico effetto del processo sia quello di riscaldare il motorino e che si possano trascurare le dispersioni di calore.