

# Tutoraggio di “Onde, Fluidi e Termodinamica” - 2018 - Corso A

A cura di:

Luisa Ostorero (ostorero@to.infn.it; <http://personalpages.to.infn.it/~ostorero/tutorOFT.html>)  
Stefano Trogolo (trogolo@to.infn.it; <http://personalpages.to.infn.it/~trogolo/TutorOFTA/>)

## Nona Sessione

### Esercizi da svolgere in aula

**1** Si vuole realizzare una macchina termica che sia operante ciclicamente con tre sorgenti le cui temperature sono  $T_A=227^\circ\text{C}$ ,  $T_B=100^\circ\text{C}$  e  $T_C=0^\circ\text{C}$ , assorbendo  $Q_A=200$  cal e  $Q_B=300$  cal rispettivamente dalle sorgenti  $A$  e  $B$ , e che compia un lavoro  $L=862$  J. Stabilire se la macchina è realizzabile. Se non lo è, indicare una possibile modifica per fare in modo che lo diventi, non modificando i calori assorbiti o ceduti.

**2** Una mole di anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ; massa molare:  $M_{\text{CO}_2} = 44$  g/mol) ha densità  $\rho = 500$  g/dm<sup>3</sup> e temperatura  $T = 300$  K. Calcolare la sua pressione nel caso di:

- a) gas ideale;
- b) gas di Van der Waals ( $a = 0.361$  Pa m<sup>6</sup> mol<sup>-2</sup>,  $b = 4.29 \cdot 10^{-5}$  m<sup>3</sup>/mol).

**3** Un recipiente a pareti rigide ed adiabatiche è diviso da un setto in due parti, ciascuna di volume  $V_0$ . Inizialmente una parte è vuota e l'altra contiene una mole di gas reale a temperatura  $T_0$ . Tolto il setto, si attende che il gas raggiunga un nuovo stato di equilibrio termodinamico. Sapendo che l'energia interna di un gas reale dipende da temperatura e volume secondo l'espressione:

$$U = c_V T - \frac{a}{V} + \text{costante}$$

dove  $c_V$  è il calore specifico molare a volume costante e  $a$  è l'omonima costante dell'equazione di stato (Van der Waals), per la quale si conosce anche il parametro  $b$ , trovare la dipendenza di temperatura e pressione finali del gas dai parametri noti del problema.

**4** Si considerino le seguenti trasformazioni reversibili per una mole di gas ideale monoatomico:

- espansione adiabatica dallo stato  $A$  allo stato  $B$  con  $V_B = 3V_A$ ;
- isobara dallo stato  $B$  allo stato  $C$  con  $V_C = V_B/2$ ;
- compressione adiabatica dallo stato  $C$  allo stato  $D$ ;
- isocora dallo stato  $D$  allo stato  $A$ .

Sapendo che  $T_B = 400$  K,

- a) stabilire se la macchina sta lavorando come macchina termica o frigorifera (giustificare la risposta);
- b) calcolare il rendimento (o l'efficienza) di tale macchina;
- c) confrontare il rendimento (o l'efficienza) ottenuto con il rendimento (o l'efficienza) di una macchina di Carnot che lavora tra la temperatura massima e la minima del ciclo sopra descritto;
- d) calcolare la variazione di entropia per ogni trasformazione del ciclo verificando che è nulla per il ciclo valutato nel suo complesso.

**5** Due moli di gas ideale, inizialmente nello stato 1, vengono messe a contatto termico con un serbatoio a temperatura di 800 K e raggiungono mediante una trasformazione isocora irreversibile uno stato termodinamico 2 ( $T_2 = 800$  K). Tramite un'espansione isoterma reversibile il gas raggiunge lo stato 3, tale che  $V_3 = 2V_2$ . Successivamente, il gas viene riportato allo stato 1 mediante una trasformazione isobara reversibile. Il calore specifico del gas a pressione costante dipende dalla temperatura e può essere scritto come  $c_p = (2 + aT)R$ , con  $a = 0.02$  K<sup>-1</sup>. Determinare:

- a) tutti i calori scambiati per ogni trasformazione;
- b) il rendimento del ciclo;
- c) il lavoro lungo la trasformazione 3-1.

### Esercizi aggiuntivi

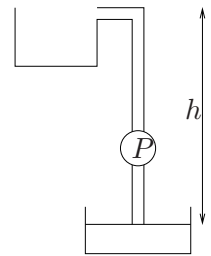
- 6** Considerando dell'azoto gassoso (massa molare:  $M_{N_2} = 28 \text{ g/mol}$ ), si determinino:
- a) la temperatura per cui la funzione di distribuzione delle velocità  $f(v)$  assume lo stesso valore per  $v_1 = 300 \text{ m/s}$  e  $v_2 = 600 \text{ m/s}$ ;
  - b) la velocità  $v$  delle molecole per cui la funzione  $f(v)$  a temperatura  $T_0 = 300 \text{ K}$  assume lo stesso valore che assume ad una temperatura  $\eta = 4$  volte maggiore.

- 7** Un frigorifero azionato elettricamente ha le seguenti caratteristiche: efficienza effettiva:  $\xi = 2.4$ ; temperatura all'interno:  $T_i = -9^\circ\text{C}$ ; temperatura del radiatore:  $T_r = 40^\circ\text{C}$ ; superficie totale delle pareti:  $A = 3.2 \text{ m}^2$ ; spessore medio delle pareti:  $d = 4.0 \text{ cm}$ ; conducibilità termica media delle pareti:  $k = 2.0 \cdot 10^{-5} \text{ kcal/(s m K)}$ .

Esso viene collocato in una stanza caratterizzata dalla temperatura  $T_s = 35^\circ\text{C}$ . Si determinino:

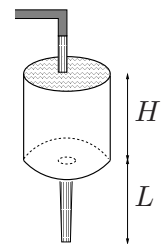
- a) la potenza necessaria per far funzionare questo frigorifero;
- b) la variazione di entropia dell'universo in un secondo, assumendo che la stanza ed il radiatore siano serbatoi termici separati (cioè che non scambiano calore tra di loro);
- c) la variazione di entropia dell'universo in un secondo, assumendo che il radiatore ceda calore alla stanza, restando a temperatura costante (la stanza è un serbatoio termico).

- 8** Una pompa di potenza  $P = 161 \text{ W}$  solleva l'acqua da un pozzo a una cisterna posta in cima ad un edificio, all'interno della quale  $p = 1 \text{ atm}$ ; l'acqua giunge alla cisterna attraverso un tubo circolare di sezione costante. Il dislivello tra il pozzo e la bocca di uscita del tubo della cisterna è  $h = 10 \text{ m}$ , mentre la portata è  $50 \text{ l/min}$ .



- a) Calcolare il diametro del tubo, assumendo che il 20% della potenza venga dissipato dalle forze di attrito.
- b) Se la pompa è collocata 9 m più in basso rispetto alla cisterna, qual è la pressione dell'acqua all'uscita della pompa?

- 9** Il recipiente cilindrico di altezza  $H = 2 \text{ m}$  e diametro  $D = 0.5 \text{ m}$  viene alimentato mediante un rubinetto in modo che rimanga pieno d'acqua fino all'orlo. Sul fondo del recipiente vi è un foro di diametro  $d_1 = 2 \text{ cm}$ . Determinare:



- a) il diametro  $d_2$  del getto ad una distanza  $L = 50 \text{ cm}$  dal foro;
- b) la massa del filetto d'acqua di lunghezza  $L$ .

### Risultati

1. Non è realizzabile; è possibile, ad esempio, variare la  $T_C$  imponendo che sia minore di  $244.2 \text{ K}$ .
2. a)  $p = 280 \text{ atm}$ ; b)  $p = 85.7 \text{ atm}$
3.  $T_f = T_0 - \frac{a}{(2c_V V_0)}$ ;  $p_f = \frac{RT_f}{2V_0 - b} - \frac{a}{4V_0^2}$
4. Macchina termica: ciclo percorso in senso orario sul diagramma  $p - V$ ,  $L > 0$ ;  $\eta = 0.415$ ;  $\eta_{\text{Carnot}} = 0.760$ ;  $\Delta S_{AB} = \Delta S_{CD} = 0$ ,  $\Delta S_{BC} = -\Delta S_{DA} = -14.41 \text{ J/K}$
5. a)  $Q_{12} = 86.4 \text{ kJ}$ ,  $Q_{23} = 9.2 \text{ kJ}$ ,  $Q_{31} = -93.1 \text{ kJ}$ ; b)  $\eta = 2.64\%$ ; c)  $W_{31} = -6.6 \text{ kJ}$
6. a)  $T = 328 \text{ K}$ ; b)  $v = 703 \text{ m/s}$
7. (a)  $P = 122.8 \text{ W}$ ; (b)  $\Delta S_u = 0.38 \text{ J/K}$ ; (c)  $\Delta S_u = 0.399 \text{ J/K}$
8. a)  $1 \text{ cm}$ ; b)  $1.87 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
9. a)  $1.89 \text{ cm}$ ; b)  $148 \text{ g}$