Problemi di termodinamica

Federico Grasselli, FIM-UniMoRe

18 gennaio 2017

1 Problemi

1.1 Un ciclo termodinamico (adattato da Problema 1.B, Gara Nazionale 1998)

Un gas perfetto monoatomico è sottoposto ad un ciclo termodinamico rappresentato nel piano pV da un rettangolo identificato dai vertici $ABCD$ (con A in basso a sinistra e in ordine orario). Sia $p(D) = p(A) \equiv p_A$, $p(B) = p(C) = 2p_A$, $V(A) = V(B) = V_A$, $V(D) = V(C) = kV_A$. Determinare il valore del rapporto di compressione k in modo che il rendimento del ciclo sia del 15%.

1.2 Sulla conducibilità termica (adattato da Quesito 19, Gara I livello 1998)

Un contenitore chiuso è termicamente isolato da pareti costituite da due strati di diversi materiali, indicati con R ed S. Lo spessore del materiale R che si trova all'interno del contenitore è il doppio di quello formato con il materiale S. La temperatura interna è di $+0.5°$ C, mentre quella esterna di $-2.0°$ C. Alla giunzione tra R ed S si registra una temperatura di zero gradi Celsius. Determinare il valore del rapporto fra la conducibilità termica di R e quella di S.

1.3 Una compressione isoterma (Problema 1, Gara II livello 1998)

Un recipiente isotermico da 1 dm^3 con pistone a tenuta contiene una miscela di ossigeno e vapore acqueo. La miscela ha una temperatura di 100° C ed una pressione di 3×10^5 Pa. Vien effettuata una compressione isoterma per ridurre a metà il volume della miscela.[1]

1. Disegnare un grafico sul piano pV che rappresenti l'andamento delle pressioni parziali del vapore saturo e dell'ossigeno e calcolare la pressione totale della miscela.
2. Calcolare le quantità dei due gas inizialmente presenti e la massa d'acqua condensata alla fine del processo.
3. Calcolare il lavoro compiuto dalla miscela durante la compressione.

1.4 Calore latente e molteplicità degli stati

Sapendo che il calore latente di fusione del ghiaccio è 3.34×10^5 J/kg, stimare l'aumento di molteplicità degli stati che si ha nel passaggio dallo stato solido a quello liquido di 1 kg di ghiaccio.

1.5 Resistività di un metallo

Assumendo che la resistività elettrica, ρ, di un metallo sia proporzionale alla probabilità che un elettrone collida con gli atomi vibranti nel cristallo, e che il moto di vibrazione di questi sia armonico, si stimi la dipendenza di ρ dalla temperatura.

[1] Entrambi i componenti della miscela possono esser considerati come gas perfetti e il volume dell'acqua condensata può esser trascurato. Assumere per la tensione del vapore acqueo saturo a 100 gradi il valore approssimato di 1×10^5 Pa.

1.6 Spostamento quadratico medio d'un pendolo

Calcolare $\langle\theta^2\rangle$ per un pendolo matematico immerso in un ambiente alla temperatura T (θ è l'angolo di deflessione dalla verticale).

1.7 Absorption of radiation by a gas (Gara Internazionale 1999)

A cylindrical vessel, with its axis vertical, contains a molecular gas at thermodynamic equilibrium. The upper base of the cylinder can be displaced freely and is made out of a glass plate; let's assume that there is no gas leakage and that the friction between glass plate and cylinder walls is just sufficient to damp oscillations but doesn't involve any significant loss of energy with respect to the other energies involved. Initially the gas temperature is equal to that of the surrounding environment. The gas can be considered as perfect within a good approximation. Let's assume that the cylinder walls (including the bases) have a very low thermal conductivity and capacity, and therefore the heat transfer between gas and environment is very slow, and can be neglected in the solution of this problem. Through the glass plate we send into the cylinder the light emitted by a constant power laser; this radiation is easily transmitted by air and glass but is completely absorbed by the gas inside the vessel. By absorbing this radiation the molecules reach excited states, where they quickly emit infrared radiation returning in steps to the molecular ground state; this infrared radiation, however, is further absorbed by other molecules and is reflected by the vessel walls, including the glass plate. The energy absorbed from the laser is therefore transferred in a very short time into thermal movement (molecular chaos) and thereafter stays in the gas for a sufficiently long time. We observe that the glass plate moves upwards; after a certain irradiation time we switch the laser off and we measure this displacement.

1. Using the data below and - if necessary - those on the sheet with physical constants, compute the temperature and the pressure of the gas after the irradiation. [2 points]
2. Compute the mechanical work carried out by the gas as a consequence of the radiation absorption. [1 point]
3. Compute the radiant energy absorbed during the irradiation. [2 points]
4. Compute the power emitted by the laser that is absorbed by the gas, and the corresponding number of photons (and thus of elementary absorption processes) per unit time. [1.5 points]
5. Compute the efficiency of the conversion process of optical energy into a change of mechanical potential energy of the glass plate. [1 point]

Thereafter the cylinder axis is slowly rotated by 90°, bringing it into a horizontal direction. The heat exchanges between gas and vessel can still be neglected.

6. State whether the pressure and/or the temperature of the gas change as a consequence of such a rotation, and - if that is the case – what is its/their new value. [2.5 points]

The following data can be useful

- Room pressure: $p_0 = 101.3$ kPa
- Room temperature: $T_0 = 20.0$°C
- Inner diameter of the cylinder: $2r = 100$ mm
- Mass of the glass plate: $m = 800$ g
- Quantity of gas within the vessel: $n = 0.100$ mol

- Molar specific heat at constant volume of the gas: $c_V = 20.8$ J/(mol K)
- Emission wavelength of the laser: $\lambda = 514$ nm
- Irradiation time: $\Delta t = 10.0$ s
- Displacement of the movable plate after irradiation: $\Delta s = 30.0$ mm