Visione d'insieme

DOMANDE E RISPOSTE SULL'UNITÀ

Che cos'è l'energia interna di un gas?

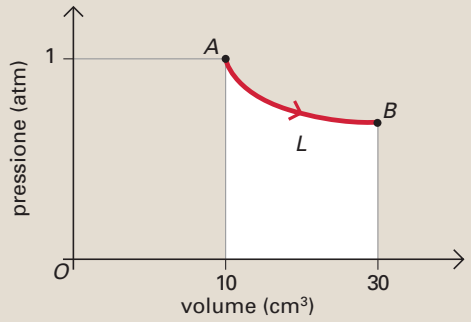
● L'energia interna è una proprietà dello stato del gas, come lo sono la pressione, il volume, la temperatura. Lavoro e calore invece non sono proprietà di stato di un gas, ma sono modi per modificare l'energia interna. L'energia interna di un gas dipende dalla sua temperatura.

Come si calcola il lavoro fatto da un gas o su un gas?

● Un gas che si espande compie un lavoro, un gas compresso subisce un lavoro. Se durante l'espansione o la compressione la pressione rimane costante, il lavoro è dato dal prodotto:

$$L = p \cdot \Delta V$$

Se la pressione non rimane costante, il lavoro compiuto o subito dal gas si può calcolare graficamente nel piano di Clapeyron ed equivale all'area compresa tra la curva e l'asse del volume.



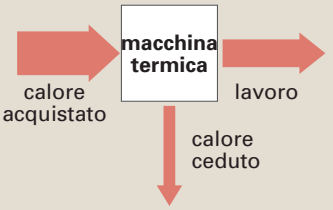
Che cosa dice il primo principio della termodinamica?

● Un sistema può scambiare energia con l'ambiente esterno acquistando o cedendo calore, compiendo o subendo un lavoro. Il primo principio della termodinamica regola i flussi di energia fra il sistema e l'ambiente esterno:

$$\Delta U = Q - L$$

Come funziona una macchina termica?

● Le macchine termiche lavorano ciclicamente. Assorbono calore da una sorgente calda, trasformano una parte del calore assorbito in lavoro, cedono il calore rimanente a una sorgente fredda e riprendono il ciclo.



Come si calcola il rendimento di una macchina termica?

● Il rendimento di una macchina che utilizza il ciclo di Carnot dipende solo dalle temperature T_c e T_f fra le quali opera la macchina è:

$$r = 1 - \frac{T_f}{T_c}$$

● Il rendimento di ogni macchina termica che funzioni fra due temperature assegnate non può essere superiore al rendimento della macchina di Carnot, che funziona fra le stesse temperature.

Che cosa dice il secondo principio della termodinamica?

● Il primo principio della termodinamica regola le trasformazioni di calore in lavoro, ma non pone limiti a queste trasformazioni. Il secondo principio stabilisce le condizioni necessarie affinché abbiano luogo le trasformazioni di calore in lavoro. Per il secondo principio, non tutto il calore può essere trasformato in lavoro.

Copyright © 2010 Zanichelli editore SpA, Bologna [6476] - Questo file è una estensione online del corso *Ruffo* **Studiamo la fisica** © Zanichelli 2010

Lezione 1 ■ La teoria cinetica dei gas

1 PROBLEMA SVOLTO L'aria è composta in larga parte da azoto e ossigeno.

▶ Calcoliamo l'energia cinetica media delle molecole di questi due gas, in una stanza dove la temperatura è 20 °C.

Soluzione L'energia cinetica media si calcola con la formula:

$$E_{c\ media} = \frac{3}{2} k \cdot T$$

$$T = 273 + 20 = 293 \text{ K}$$

$$E_{c\ media} = 1{,}5 \times (1{,}37 \times 10^{-23} \text{J/K}) \times (293 \text{ K})$$

$$E_{c\ media} = 6{,}06 \times 10^{-21} \text{ J}$$

Questo valore è valido sia per l'azoto che per l'ossigeno, perché l'energia dipende solo dalla temperatura.
La velocità, invece, dei due tipi di molecole è diversa perché le masse sono differenti.

2 Considera un gas perfetto monoatomico.

▶ Di quanto varia l'energia cinetica di una mole quando la temperatura varia di 40 °C?

3 Le molecole di un gas monoatomico possiedono una energia cinetica media di $9{,}0 \times 10^{-21}$ J.

▶ Verifica che la temperatura del gas è 437 K.

4 Una mole di gas perfetto si trova nello stato *A* caratterizzato da una pressione di 1,2 atm e volume di 10 dm³. Effettua una doppia trasformazione: a pressione costante passa allo stato *B* (volume = 30 dm³), successivamente a volume costante passa nello stato *C* (pressione = 2,2 atm).

▶ Rappresenta la doppia trasformazione nel piano pressione-volume.

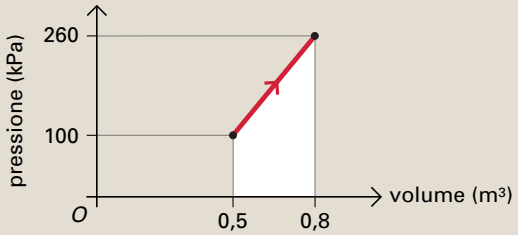
▶ Da quali leggi sono regolate le due trasformazioni?

▶ Nelle due trasformazioni, l'energia interna del gas aumenta? Spiega.

Lezione 2 ■ Lavoro e calore

5 PROBLEMA SVOLTO Un gas si espande come in figura.

▶ Calcoliamo il lavoro compiuto dal gas durante l'espansione.



Soluzione Il lavoro compiuto dal gas è uguale all'area della parte bianca, che è un trapezio rettangolo:

$$A = \frac{(\text{base maggiore} + \text{base minore}) \times (\text{altezza})}{2}$$

$$\text{base maggiore} = 260 \text{ kPa} = 2{,}6 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$\text{base minore} = 100 \text{ kPa} = 1{,}0 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$\text{altezza} = 0{,}80 \text{ m}^3 - 0{,}50 \text{ m}^3 = 0{,}30 \text{ m}^3$$

$$L = \frac{(2{,}6 \times 10^5 \text{ N/m}^2 + 1{,}0 \times 10^5 \text{ N/m}^2) \times (0{,}30 \text{ m}^3)}{2} =$$

$$= 5{,}4 \times 10^4 \text{ J}$$

6 Un gas è contenuto in un cilindro con pistone mobile. L'area di base del pistone è 100 cm². A pressione costante di 2,0 atm, il gas si espande e il pistone si solleva di 8 cm.

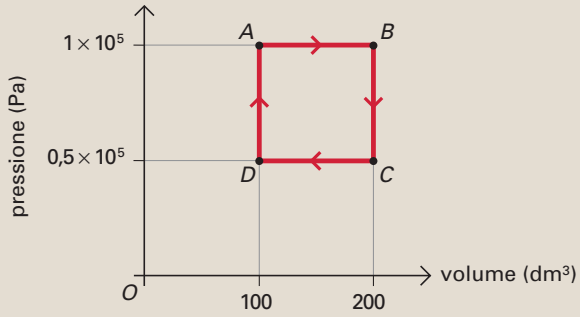
▶ Calcola il lavoro fatto dal gas.

7 Un gas, che occupa un volume di 10 dm³ alla pressione di 1,2 atm, effettua una doppia trasformazione: a pressione costante raddoppia il suo volume, poi a volume costante aumenta la pressione fino a 2,0 atm. Rappresenta la doppia trasformazione nel piano di Clapeyron.

▶ Calcola il lavoro totale.

8 PROBLEMA SVOLTO Un sistema termodinamico, costituito da una mole di gas perfetto, subisce la trasformazione ciclica rappresentata in figura.

▶ Calcoliamo la variazione di energia interna e il calore scambiato con l'esterno.



Soluzione Il lavoro scambiato con l'esterno è dato dall'area racchiusa dalla curva che rappresenta il ciclo, ossia un rettangolo di base 100 dm³ e altezza $0{,}5 \times 10^5$ N/m²:

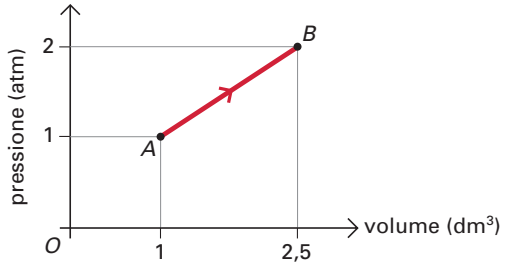
$$L = (0{,}5 \times 10^5 \text{ N/m}^2) \times (100 \times 10^{-3} \text{ m}^3) = 5000 \text{ J}$$

Trattandosi di una trasformazione ciclica, la variazione di energia interna è nulla: $\Delta U = 0$.
Pertanto, per il primo principio della termodinamica, $Q = L$ e quindi il calore scambiato durante il ciclo è 5000 J.

9 Un gas compie la trasformazione $A \rightarrow B$ indicata nella figura. Durante la trasformazione l'energia interna del gas aumenta di 200 J.

Copyright © 2010 Zanichelli editore SpA, Bologna [6476] - Questo file è una estensione online del corso *Ruffo* **Studiamo la fisica** © Zanichelli 2010

▶ Calcola il lavoro nella trasformazione.
▶ Quanto calore il gas scambia con l'ambiente esterno?



10 Un mulinello ruota dentro un recipiente che contiene 1,0 kg di acqua a 18 °C.
Il mulinello compie sull'acqua un lavoro di 20 000 J che si trasforma in calore. Il 25% del calore prodotto si disperde.
▶ Di quanto varia l'energia interna dell'acqua?
▶ Qual è la temperatura finale dell'acqua?

11 Una mole di gas perfetto che si trova nello stato *A* (pressione = 1,5 atm; volume = 20 dm^3) effettua una doppia trasformazione: a pressione costante passa allo stato *B* (volume = 40 dm^3), poi a volume costante passa nello stato *C* (pressione = 2,5 atm).
Durante la trasformazione A → B → C, l'energia interna del gas aumenta di 10 600 J.
▶ Rappresenta la doppia trasformazione nel piano di Clapeyron.
▶ Qual è il lavoro totale durante la trasformazione A → B → C?
▶ Quanto vale il calore scambiato?

12 Una mole di gas perfetto si espande alla pressione costante di $1{,}4 \times 10^5$ Pa, passando da un volume di 22 litri a un volume di 24 litri. Durante la trasformazione il gas assorbe 450 J di calore.
▶ Calcola il lavoro prodotto dal gas.
▶ Qual è la variazione di energia interna?
▶ Durante la trasformazione la temperatura del gas aumenta o diminuisce?

Lezione 3 ■ Il rendimento delle macchine termiche

13 PROBLEMA SVOLTO Il motore di un autoveicolo ha un rendimento del 18% e una potenza utile di 27 kW.
▶ Calcoliamo il calore che il motore cede all'ambiente in un secondo.

Soluzione La potenza è $P = \frac{L}{\Delta t}$, quindi il lavoro utile in 1 secondo è:

$$L = P \cdot \Delta t = (27\,000 \text{ W}) \times (1 \text{ s}) = 27\,000 \text{ J}$$

Dalla definizione di rendimento, ricaviamo il calore assorbito:

$$Q_a = \frac{L}{r} = \frac{27\,000 \text{ J}}{0{,}18} = 150\,000 \text{ J}$$

Il calore ceduto è:

$$Q_c = Q_a - L = 150\,000 \text{ J} - 27\,000 \text{ J} = 123\,000 \text{ J}$$

14 Supponi che il veicolo del problema precedente, con la stessa potenza utile disperda nell'ambiente 118 000 J di calore.
▶ Qual è il rendimento del veicolo?
▶ Quale lavoro farebbe questo veicolo in un'ora?

15 Una macchina termica assorbe calore da una sorgente a temperatura di 2400 °C e cede calore a temperatura di 100 °C.
▶ Quale sarebbe il suo rendimento, se operasse con un ciclo di Carnot?
▶ Qual è il rendimento di una macchina reale, se esso vale 2/3 di quello teorico di Carnot?

16 Una macchina di Carnot lavora sfruttando una caldaia a 490 K con un rendimento del 30%. Volendo raggiungere un rendimento del 50%, quale dovrebbe essere la temperatura della caldaia?

17 Un motore consuma 10 litri di benzina in un'ora e nello stesso tempo produce un lavoro di $2{,}0 \times 10^8$ J. Ogni litro di benzina bruciato produce $4{,}3 \times 10^7$ J di calore.
▶ Calcola il rendimento del motore.
▶ Quanto calore cede all'ambiente in un'ora?

18 Una macchina termica ideale ha un rendimento del 60% e usa come sorgente fredda l'ambiente (20 °C).
▶ Calcola la temperatura della sorgente calda.
▶ Quanto lavoro compie se assorbe 800 J?

19 Una macchina ciclica preleva 1000 J di calore dalla sorgente calda e ne cede 400 alla sorgente fredda.
▶ Qual è il suo rendimento?
▶ Qual è la potenza della macchina, se compie 90 cicli al minuto?

20 Nella formula del rendimento della macchina ideale di Carnot, la temperatura delle due sorgenti è espressa in kelvin.
▶ Verifica che, esprimendo la temperatura in gradi centigradi, il rendimento può essere calcolato con la formula: $r = \frac{T_c - T_f}{T_c + 273}$.
▶ Supponi che la sorgente fredda si trovi a temperatura ambiente (20 °C). Costruisci il grafico del rendimento in funzione della temperatura T_c.

21 Una macchina termica lavora con due sorgenti a temperatura $T_c = 2220$ °C e $T_f = 70$ °C.
In ogni ciclo assorbe $9{,}5 \times 10^5$ J di calore e cede $2{,}7 \times 10^5$ J alla sorgente fredda.
▶ Calcola il rendimento della macchina.
▶ Confronta il rendimento con quello di una macchina ideale che lavora fra le stesse temperature.

Copyright © 2010 Zanichelli editore SpA, Bologna [6476] - Questo file è una estensione online del corso *Ruffo* **Studiamo la fisica** © Zanichelli 2010

Risposte

2 498 J
6 161,6 J
7 $1{,}21 \times 10^3$ J
9 227 J; 427 J
10 15 000 J; 21,58 °C
11 3030 J; 13 630 J
12 280 J; 170 J
14 18,6 %; $97{,}2 \times 10^6$ J
15 86%; 57%
16 686 K
17 46,5%; $2{,}3 \times 10^8$ J
18 732,5 K; 480 J
19 60%; 900 W
21 72%; 86%

Copyright © 2010 Zanichelli editore SpA, Bologna [6476] - Questo file è una estensione online del corso *Ruffo* **Studiamo la fisica** © Zanichelli 2010