




LA TEMPERATURA

↑ IDEE PER UNA LEZIONE DIGITALE

PARAGRAFO	CONTENUTO	DURATA (MINUTI)
1. La definizione operativa della temperatura	<p> IN LABORATORIO</p> <p>Taratura di un termoscopio Procedura di taratura di un termoscopio ad alcol.</p>	2
3. La dilatazione lineare dei solidi	<p> ANIMAZIONE</p> <p>Dilatazione termica lineare Dilatazione termica lineare di una sbarra: come varia la lunghezza con la temperatura?</p>	1
5. La dilatazione volumica nei liquidi	<p> ANIMAZIONE</p> <p>Il comportamento anomalo dell'acqua Un grafico mostra il volume di una massa d'acqua al variare della temperatura, evidenziandone il comportamento anomalo.</p>	1
 MAPPA INTERATTIVA	<p> IN TRE MINUTI • La temperatura</p> <p>30 TEST INTERATTIVI SU ZTE CON FEEDBACK «Hai sbagliato, perché...»</p>	

↑ VERSO IL CLIL

 **FORMULAE IN ENGLISH**

 **AUDIO**

Kelvin temperature scale	$T = \left(\frac{t}{^{\circ}\text{C}} + 273\right) \text{ K}$	Temperature T on the Kelvin scale equals temperature T_c on the Celsius scale plus two hundred and seventy-three.
Celsius temperature scale	$t = \left(\frac{T}{\text{K}} - 273\right) ^{\circ}\text{C}$	Temperature on the Celsius scale equals the value of the absolute temperature minus two hundred and seventy-three.
Thermal linear expansion	$\Delta l = l_i \lambda \Delta t$	The change in length due to thermal expansion equals the product of the initial length, the linear thermal expansion coefficient and the change in temperature.
Thermal linear expansion: final length	$l = l_i (1 + \lambda \Delta t)$	The final length of an object that has undergone linear thermal expansion equals the initial length multiplied by one and the product of the linear thermal expansion coefficient and the change in temperature.
Thermal volumetric expansion: final volume	$V = V_i (1 + \alpha \Delta t)$	The final volume of an object that has undergone volumetric thermal expansion equals the initial volume multiplied by one and the product of the volumetric thermal expansion coefficient and the change in temperature.
First Gay-Lussac's law (Celsius)	$V = V_0 (1 + \alpha t)$	The final volume of a perfect gas that has undergone volumetric thermal expansion at constant pressure equals the volume of the gas at zero degrees Celsius multiplied by one and the product of the thermal volumetric expansion coefficient for the gas and the final temperature of the gas in degrees Celsius.

First Gay-Lussac's law (Kelvin)	$V = \frac{V_0}{T_0} T$	At constant pressure the ratio of the volume of a gas to its temperature is constant.
Second Gay-Lussac's law (Celsius)	$p = p_0(1 + \alpha t)$	The final pressure of a perfect gas having been heated at constant volume equals the pressure of the gas at zero degrees Celsius multiplied by one plus the product of the thermal volumetric expansion coefficient for the gas and the final temperature of the gas in degrees Celsius.
Second Gay-Lussac's law (Kelvin)	$p = \frac{p_0}{T_0} T$	At constant volume the ratio of the pressure of a gas to its temperature is constant.
Boyle's law	$pV = p_1 V_1$	At constant temperature the product of the pressure of a gas and its volume is constant.
Ideal gas law	$pV = nRT$	The product of the pressure and volume of a perfect gas equals the product of the number of moles, the gas constant R and the absolute temperature.

 **QUESTIONS AND ANSWERS**

 **AUDIO**

- State the law of physics upon which the thermometer operates.

Systems are said to be in thermal equilibrium if they have the same temperature. The law of physics that underpins the thermometer is the zeroth (0th) law of thermodynamics, which states that if body A is in thermal equilibrium with body B and body B is in thermal equilibrium with body C , then body A and body C are in thermal equilibrium with each other. The law implies that thermal equilibrium between systems is a transitive relation with body B in the law being identified with the thermometer, which records the same temperature for all systems in thermal equilibrium.

- Why does water in its solid state float in its liquid form?

A substance floats if it is less dense than the mixture it is placed in, needing only to displace a weight of fluid equal to its own weight. The vast majority of substances have greater density in their solid state than in their liquid state. Water, however, belongs to a very small group of substances, whose density decreases in the solid state. Water reaches its maximum density at 4 °C (39.2 °F) but, as it cools further and freezes into ice, it actually becomes less dense and floats in water.

- What is an ideal gas?

An "ideal" gas is an hypothetical gas whose molecules occupy negligible space and have no intermolecular forces, that obeys all the gas laws exactly under all conditions, the product of whose pressure and volume is constant (Boyle's law) and whose $V-T$ and $p-T$ relationships when plotted on a graph are perfectly straight lines (Gay-Lussac's first and second laws). There are no actual gases that conform to this definition precisely, but the idealised construct is very useful in the simplification of calculations related to gases.

PROBLEMI MODELLO, DOMANDE E PROBLEMI IN PIÙ

1 LA DEFINIZIONE OPERATIVA DELLA TEMPERATURA

PROBLEMA MODELLO 1 LA SCALA FAHRENHEIT

Nella scala di temperatura Fahrenheit adoperata negli USA, l'acqua bolle a 212 °F e il ghiaccio fonde a 32 °F. L'intervallo fra queste due temperature è diviso in 180 parti, e ognuna di queste rappresenta 1 °F.

► Come puoi ricavare la formula di conversione da gradi Celsius a gradi Fahrenheit e viceversa?

■ DATI

Temperatura di ebollizione dell'acqua: $T_e = 212$ °F
 Temperatura di fusione dell'acqua: $T_f = 32$ °F
 Numero di parti: $n = 180$

■ INCOGNITE

Relazione fra $T_{°F}$ e $T_{°C}$?

L'IDEA

Poiché entrambe le scale sono lineari posso ricavare la formula di conversione fra le due scale termometriche con una proporzione.

LA SOLUZIONE

Confronto tra loro le scale termometriche.

Nella scala Celsius, l'intervallo da 0 °C a 100 °C è diviso in 100 parti uguali; ognuna delle 100 parti è 1 °C.
 Nella scala Fahrenheit, l'intervallo da 32 °F a 212 °F è diviso in 180 parti uguali; ognuna delle 180 parti è 1 °F.

Esprimo i dati ricavati in forma di proporzione.

I dati che conosco mi portano a scrivere

$$\frac{(T_{°C} - 0)}{(100 - 0)} = \frac{(T_{°F} - 32)}{(212 - 32)} \text{ da cui}$$

$$T_{°C} = \left[(T_{°F} - 32) \times \frac{5}{9} \right] °C \quad \text{e} \quad T_{°F} = \left[\frac{9}{5} T_{°C} + 32 \right] °F.$$

9 Un turista italiano si trova in un pronto soccorso di New York e comunica al medico di avere una temperatura corporea di 38,9 °C.

► A quanti gradi Fahrenheit corrisponde?

[102 °F]

10 Un alunno, per costruire un termometro in laboratorio, ha tarato un termoscopio a liquido, misurando l'altezza del liquido termometrico nel capillare alle temperature dei due punti fissi di riferimento. Il livello minimo del liquido rispetto al tappo è $(1,5 \pm 0,1)$ cm e quello massimo è $(10,4 \pm 0,1)$ cm. Immerge poi il termometro in un termos contenente acqua calda e misura un livello del liquido di $(6,6 \pm 0,1)$ cm.

► Qual è la temperatura dell'acqua con la relativa incertezza di misura?

Suggerimento: scrivi l'equazione della retta passante per due punti....

[(57 ± 4) °C]

3 LA DILATAZIONE TERMICA

PROBLEMA MODELLO 2 ANCHE IL VUOTO SI DILATA

Una piastra di acciaio inox per il fissaggio delle travi ha una lunghezza totale di 8,50 cm, una larghezza di 5,00 cm e vi sono praticati due fori centrali di diametro 1,10 cm. Durante l'anno, questo fissaggio subisce in genere un'escursione termica di 55 °C. Il coefficiente di dilatazione lineare dell'acciaio inox è $17 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.

- ▶ Ricava la formula per la dilatazione superficiale della piastra di acciaio.
- ▶ Calcola la massima variazione percentuale di superficie che la piastra può subire.

(Trascura le variazioni di superficie date dai piccoli fori a lato del foro centrale; approssima la piastra con un rettangolo con due fori circolari.)



Mario Marcello/Shutterstock

■ DATI

Lunghezza piastra: $a_i = 8,50 \text{ cm}$
 Larghezza piastra: $b_i = 5,00 \text{ cm}$
 Diametro del foro: $d_i = 1,10 \text{ cm}$
 Coefficiente di dilatazione lineare: $\lambda = 17 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
 Variazione di temperatura: $\Delta T = 55 \text{ }^\circ\text{C}$

■ INCOGNITE

Variazione percentuale di superficie: $\frac{\Delta S}{S_i} = ?$

L'IDEA

Per ricavare la formula per la dilatazione superficiale della piastra ΔS , consideriamo la dilatazione lineare lungo i suoi due lati.

Calcoliamo la differenza tra l'area di un rettangolo (piastra d'acciaio) e quella di due cerchi (i due fori), considerando che i fori si dilatano come se fossero costituiti dello stesso materiale.

LA SOLUZIONE

Ricavo la formula per esprimere la dilatazione.

$$S = L_1 \times L_2 = L_{1i}(1 + \lambda t) \times L_{2i}(1 + \lambda t) = L_{1i}L_{2i}(1 + \lambda t)^2 = S_i(1 + 2\lambda t),$$

poiché $(\lambda \Delta t)^2$ è trascurabile.

Quindi $\Delta S = S_i 2\lambda \Delta t$.

Calcolo la superficie iniziale S_i .

La superficie iniziale è la differenza tra l'area della piastra rettangolare e l'area dei due fori circolari, quindi:

$$S_i = a_i b_i - 2 \pi \left(\frac{d_i}{2} \right)^2 = (8,50 \text{ cm}) \times (5,00 \text{ cm}) - 2 \times \pi \times \left(\frac{1,10 \text{ cm}}{2} \right)^2 = 40,6 \text{ cm}^2.$$

Calcolo la variazione di superficie ΔS .

Secondo la formula che abbiamo ricavato per la dilatazione, la variazione di superficie è data da:

$$\Delta S = S_i 2\lambda \Delta T = (40,60 \text{ cm}^2) \times 2 \times (17 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}) \times (55 \text{ K}) = 0,076 \text{ cm}^2.$$

Calcolo la variazione percentuale di superficie $\Delta S/S_i$.

La variazione percentuale è data dal rapporto tra la variazione di superficie e la superficie iniziale:

$$\frac{\Delta S}{S_i} = \frac{0,076 \text{ cm}^2}{40,6 \text{ cm}^2} = 0,19\%.$$

PER NON SBAGLIARE

- Lo spazio vuoto all'interno della piastra si dilata come se fosse formato dello stesso materiale della piastra. Considera, al posto della cavità, una porzione circolare di acciaio inox estraibile; riscalda sia la piastra che questo elemento, separatamente. Verifica che l'elemento circolare riscaldato (e dilatato) riempi perfettamente la cavità nella piastra, anch'essa dilatata.
- Lo stesso accade quando facciamo un ingrandimento fotografico: non solo gli oggetti vengono ingranditi, ma anche gli spazi vuoti fra di essi.

PROBLEMA MODELLO 3 LA BENZINA NELLA CISTERNA

Un'autocisterna viene riempita di notte, quando la temperatura è di $8\text{ }^{\circ}\text{C}$, con della benzina, fino ai $\frac{4}{5}$ della sua capacità. L'autocisterna è schematizzabile come un cilindro di altezza $15,0\text{ m}$ e sezione $3,375\text{ m}^2$. Durante il viaggio, il sole scalda la benzina fino a $26\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- ▶ Calcola il volume occupato dalla benzina durante il viaggio.
- ▶ Calcola la variazione percentuale di volume.
- ▶ Calcola temperatura massima a cui dovrebbe essere sottoposta la benzina per occupare tutta la cisterna.

■ DATI

Lunghezza cisterna: $h = 15,0\text{ m}$
 Sezione cisterna: $A_b = 3,375\text{ m}^2$
 Temperatura iniziale: $T_0 = 8\text{ }^{\circ}\text{C}$
 Temperatura finale: $T = 26\text{ }^{\circ}\text{C}$
 Coefficiente di dilatazione volumica:
 $\alpha = 1,0 \times 10^{-3}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
 Volume iniziale: $V_0 = \frac{4}{5} V_{tot}$

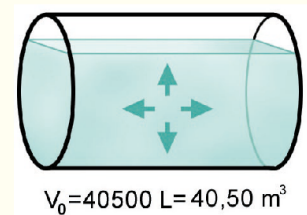
■ INCOGNITE

Volume finale: $V = ?$
 Variazione percentuale di volume: $\frac{\Delta V}{V_i} = ?$
 Temperatura massima per riempire la cisterna:
 $T_{max} = ?$

L'IDEA

La benzina nella cisterna subisce una dilatazione volumica: ecco perché il suo volume iniziale deve essere minore del volume della cisterna.

Per trovare a quale temperatura la benzina riempirebbe completamente la cisterna, applichiamo la formula inversa della dilatazione volumica, utilizzando come volume finale quello massimo relativo alla capacità della cisterna V_{tot} .



LA SOLUZIONE

Calcolo il volume iniziale V_i .

Dai dati sappiamo che V_i è i $\frac{4}{5}$ di V_{tot} perciò ricaviamo

$$V_{tot} = A_b \times h = 3,375\text{ m}^2 \times 15,0\text{ m} = 50,6\text{ m}^3.$$

Il volume iniziale occupato dalla benzina alla temperatura di $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ è quindi

$$V_i = \frac{4}{5} V_{tot} = \frac{4}{5} \times 50,6\text{ m}^3 = 40,5\text{ m}^3.$$

Applico la legge di dilatazione volumica diretta per trovare il volume V occupato dalla benzina durante il viaggio, e quindi la variazione percentuale di volume.

La benzina viene sottoposta a una variazione termica $\Delta T = (26 - 8)\text{ }^{\circ}\text{C} = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$; in seguito a questa variazione, la benzina occuperà un volume

$$V = V_i (1 + \alpha \Delta T) = (40,5 \text{ m}^3) \times (1 + 1,0 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \times 18^\circ\text{C}) = 41,2 \text{ m}^3.$$

La variazione percentuale di volume è quindi

$$\frac{\Delta V}{V_i} = \frac{V - V_i}{V_i} = \frac{(41,2 - 40,5) \text{ m}^3}{40,5 \text{ m}^3} = 0,02 = 2\%.$$

Applico la legge di dilatazione volumica inversa per trovare la temperatura massima.

$$\Delta t = \frac{\Delta V}{V_i \alpha} = \frac{V_{tot} - V_0}{V_i \alpha} = \frac{(50,6 - 40,5) \text{ m}^3}{(40,5 \text{ m}^3) \times (1,0 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1})} = 250 \text{ }^\circ\text{C}.$$

La temperatura che dovrebbe raggiungere la cisterna è data da:

$$t = t_0 + \Delta t = 260 \text{ }^\circ\text{C}.$$

PER NON SBAGLIARE

■ La temperatura trovata è molto maggiore della temperatura raggiungibile da una cisterna in condizioni normali. Inoltre, a tale temperatura la benzina non è più liquida: la cisterna dunque non si può riempire completamente con quella quantità di benzina.

24 Una lamina bimetallica è costituita di rame e zinco: da che parte si piega la lamina se viene riscaldata?

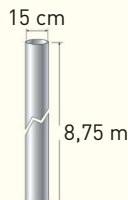
25 **APPLICA I CONCETTI** Tra il rame e lo zinco quale materiale si dilata maggiormente a parità di variazione di temperatura?

26 **COSA SUCCEDDE SE** Intorno a un cilindro di ottone, raffreddato nell'azoto liquido, inserisci comodamente un anello di rame (quasi a contatto con il cilindro). Che cosa succede quando l'insieme raggiunge la temperatura ambiente?

27 In frigorifero hai una bottiglia di vetro piena d'acqua. Perché è bene non metterla nel congelatore?

28 **APPLICA I CONCETTI** A parità di dimensioni è maggiore la portata di un termometro a mercurio o di un termometro ad alcool?

29 ******* Un tubo in acciaio lungo 8,75 m e con un diametro interno di 15 cm a temperatura ambiente, viene utilizzato per lo scarico dei fumi prodotti da un caminetto. La temperatura dei fumi è mediamente di 200 °C.



▶ Trova l'allungamento del tubo e del diametro a camino acceso.

$$[19 \text{ mm}; 3,2 \times 10^{-1} \text{ mm}]$$

30 ******* L'escursione termica massima, nel corso dell'anno, sul tetto di una casa su cui è posizionato un pannello fotovoltaico protetto da una lastra di vetro di dimensioni 167 cm × 100 cm, è di 65 °C.



▶ Calcola la variazione massima, nel corso dell'anno, della larghezza, della lunghezza e della superficie della lastra di vetro.

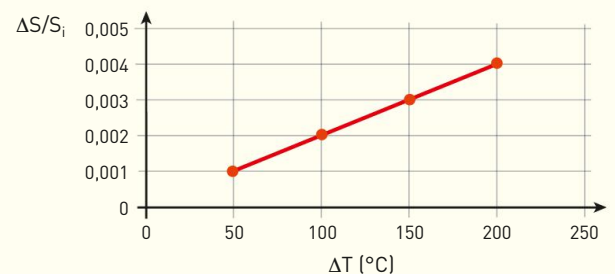
$$[6 \times 10^{-2} \text{ cm}; 1 \times 10^{-1} \text{ cm}; 2 \times 10 \text{ cm}^2]$$

31 ******* Nel grafico è riportata la variazione $\frac{\Delta S}{S_i}$ di superficie di una teglia da forno in ghisa in funzione della differenza di temperatura.

Il coefficiente di dilatazione lineare della ghisa è $1,0 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.

▶ Che relazione esiste fra le due grandezze?

▶ Tramite il grafico calcola la costante di proporzionalità e verifica che è il doppio del coefficiente di dilatazione lineare della ghisa.



$$[2,0 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}]$$

32 ★★★ Una rondella di alluminio che a 283 K ha il foro di diametro interno 30,05 mm e di diametro esterno di 50,00 mm è montata nel motore di un'auto, e raggiunge una temperatura di 85 °C.

- ▶ Calcola la nuova dimensione del foro.

[30,10 mm]

33 ★★★ Un pilastro di cemento armato è alto 4,25 m e ha dimensioni di base 35 cm × 54 cm. Durante l'estate, passa da una temperatura di 15 °C, a cui è stato costruito, a una temperatura di 33 °C.

- ▶ Calcola la variazione di volume subita in cm³.
- ▶ Calcola l'aumento massimo di temperatura a cui il suo volume aumenta dell'1%.

[6,1 × 10² cm³; 24 °C]

34 ★★★ Un cilindro ha diametro 1,8 cm e lunghezza 21 cm. Quando viene riscaldato da $t_1 = 10$ °C a $t_2 = 80$ °C subisce una variazione di volume di 0,10 cm³.

- ▶ Di quale materiale potrebbe essere fatto il cilindro?

[Vetro]

35 ★★★ Un contenitore di forma cubica di lato 10 cm è riempito di etanolo fino ai tre quarti e si trova a temperatura ambiente (20 °C).

- ▶ Calcola a quale temperatura il liquido riempirebbe il contenitore.

[318 °C, temperatura a cui l'etanolo è aeriforme]

36 ★★★ Un motociclista riempie di benzina fino all'orlo una tanica di alluminio da 15,0 L alla temperatura di 18,0 °C. Poi dimentica aperta al sole la tanica, che raggiunge la temperatura di 42,0 °C. Il coefficiente di dilatazione della benzina è $1,0 \times 10^{-3}$ °C⁻¹.

- ▶ Quanta benzina uscirà dalla tanica? Trascura la parte di benzina evaporata.

Suggerimento: considera anche la dilatazione della tanica di alluminio

[0,34 L]

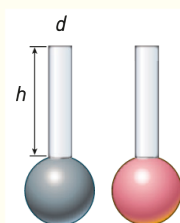
37 ★★★ Alla temperatura di 0 °C, una collana d'argento è lunga 26,9 cm e una di oro è lunga 27,0 cm.

- ▶ A quale temperatura le due collane avrebbero la stessa lunghezza?

Suggerimento: i coefficienti di dilatazione lineare dell'argento e dell'oro valgono rispettivamente 19×10^{-6} °C⁻¹ e 14×10^{-6} °C⁻¹.

[circa 8×10^2 °C]

38 ★★★ Vogliamo costruire due termometri, uno a mercurio ($\alpha_{Hg} = 1,8 \times 10^{-4}$ °C⁻¹) e uno ad alcool ($\alpha_{alcool} = 11 \times 10^{-4}$ °C⁻¹), utilizzando due capillari di vetro di forma identica. I bulbi dei due termometri vengono riempiti completamente con 8,30 mm³ di liquido ini-

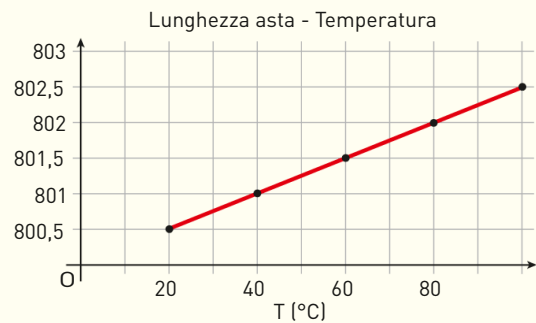


zialmente alla temperatura di 10,0 °C. I capillari hanno un diametro interno $d = 8,80 \times 10^{-3}$ cm e una lunghezza $h = 7,50$ cm.

- ▶ Trascurando la dilatazione del vetro, calcola il valore massimo che possono misurare i due termometri.

[315 °C; 59 °C]

39 ★★★ In un esperimento di laboratorio, si chiede di calcolare il coefficiente di dilatazione di una lega di alluminio, misurando la lunghezza di una barra di questo materiale a diverse temperature. Sono stati riportati nel grafico 5 punti e si è tracciata la retta migliore che interpola i punti.



- ▶ Usando il grafico ricava il coefficiente di dilatazione lineare della lega.

[31×10^{-6} °C⁻¹]

40 ★★★ Una damigiana di vetro ha una forma sferica e un'apertura del collo cilindrico di diametro interno di 4,2 cm. Viene riempita con 54,5 L di vino alla temperatura di 12 °C. Si prevede che la temperatura del vino possa arrivare fino a un massimo di 23 °C.

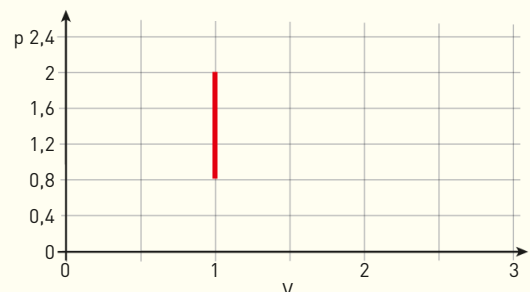
- ▶ Fino a che altezza al di sotto dell'apertura si può riempire la damigiana per essere certi che non fuoriesca del vino ($\alpha_{vino} = 220 \times 10^{-6}$ K⁻¹)?

[8,4 cm]

4 LE TRASFORMAZIONI DI UN GAS

41 Una bombola piena di gas si trova al livello del mare e viene portata in alta montagna. Quale grandezza rimane costante?

42 **IN FORMA DI GRAFICO** Considera il seguente grafico: che tipo di trasformazione descrive?



7 LA LEGGE DI BOYLE: PRESSIONE E VOLUME DI UN GAS A TEMPERATURA COSTANTE

72 Un gas rarefatto viene compresso, a temperatura costante, fino a che la sua pressione aumenta del 20,0%.

- ▶ Calcola di quanto è diminuito in percentuale il volume.

[16,7%]

8 IL GAS PERFETTO

79 Alla temperatura di 273 K e alla pressione di $1,013 \times 10^5$ Pa, la densità dell'azoto è $1,25 \text{ kg/m}^3$.

- ▶ Determina la sua densità alla temperatura di $57,0^\circ\text{C}$ e alla pressione di $1,40 \times 10^5$ Pa.

[1,43 kg/m³]

9 ATOMI E MOLECOLE

82 Una molecola di ruggine ha massa molecolare pari a 160 u e ha la seguente formula chimica: X_2O_3 , dove X è un elemento ignoto.

- ▶ Determina il nome dell'elemento ignoto.

[Fe]

83 Un certo numero di atomi di ossigeno (peso atomico 16) si combina con un atomo di zolfo per formare una molecola di peso molecolare 80.

- ▶ Quanti atomi di ossigeno servono per formare la molecola?

[3]

10 NUMERO DI AVOGADRO E QUANTITÀ DI SOSTANZA

PROBLEMA MODELLO 6 QUANTI ATOMI IN UN CUBO DI RAME?

Un lingotto di rame a forma di cubo contiene 22 moli di rame.

- ▶ Calcola la massa del cubo.
- ▶ Calcola il numero di atomi di rame che costituiscono il cubo.
- ▶ La densità del rame è $8,96 \text{ g/cm}^3$. Calcola il lato del cubo.

■ DATI

Numero di moli: $n = 22 \text{ mol}$

Densità del rame: $d = 8,96 \text{ g/cm}^3$

■ INCOGNITE

Massa del cubo di rame: $m = ?$

Numero di atomi: $N = ?$

Lato del cubo di rame: $l = ?$

L'IDEA

Ricavo dalla tavola periodica il peso di una mole di rame.

LA SOLUZIONE

Calcolo la massa del cubo, noti il numero di moli n e la massa molare M dalla tavola periodica.

Dalla tavola periodica leggo che il peso di una mole di rame è $M = 63,55 \text{ g/mol}$, quindi:

$$m = nM = 22 \text{ mol} \times 63,55 \text{ g/mol} = 1,4 \times 10^3 \text{ g} = 1,4 \text{ kg.}$$

Calcolo il numero di atomi dalla relazione fra il numero di moli e il numero di Avogadro

Il lingotto contiene quindi

$$N = nN_A = 22 \text{ mol} \times 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 1,3 \times 10^{25} \text{ atomi.}$$

Per trovare il lato del cubo, calcolo il volume conoscendo la massa del cubo e la densità del rame.

$$\text{Da } d = \frac{m}{V} \text{ ricavo } V: V = \frac{m}{d} = \frac{1,4 \text{ kg}}{8,96 \times 10^3 \text{ kg/m}^3} = 1,6 \times 10^{-4} \text{ m}^3.$$

$$\text{Quindi } l = \sqrt[3]{V} = \sqrt[3]{1,6 \times 10^{-4}} = 5,4 \times 10^{-2} \text{ m} = 5,4 \text{ cm.}$$

84 Il numero di Avogadro può essere considerato una costante tipica per tutte le sostanze? Se sì, perché?

85 **★★★** Un recipiente contiene 3,2 g di elio. Il peso atomico dell'elio è 4,0 g/mol.

► Calcola quanti atomi di elio sono contenuti nel recipiente.

[$4,8 \times 10^{23}$]

86 **★★★** In una stanza sono contenuti 32 g di ossigeno e 83 g di piombo.

► Quanti atomi di ossigeno e quanti di piombo sono presenti nella stanza?

[$1,2 \times 10^{24}$ atomi di ossigeno, $2,4 \times 10^{23}$ atomi di piombo]

11 UNA NUOVA FORMA PER L'EQUAZIONE DI STATO DEL GAS PERFETTO

PROBLEMA MODELLO 7 L'ALTEZZA DEL CILINDRO

Un cilindro provvisto di un pistone mobile a tenuta si trova al livello del mare alla pressione di 1,0 atm e alla temperatura di 25 °C. Il volume del gas contenuto in esso è $5,7 \times 10^{-3} \text{ m}^3$.

Poi il cilindro viene portato a una certa altitudine, dove la pressione vale 0,85 atm e la temperatura 12 °C.

- Calcola il numero di moli di aria contenute nel cilindro.
- Calcola il volume occupato dal cilindro quando viene portato a un'altitudine maggiore.
- Calcola la variazione percentuale di volume.

■ DATI

Volume iniziale $V_1 = 5,7 \times 10^{-3} \text{ m}^3$
 Pressione iniziale: $p_1 = 1,0 \text{ atm} = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$
 Pressione finale: $p = 0,85 \text{ atm} = 8,5 \times 10^4 \text{ Pa}$
 Temperatura iniziale: $T_1 = 25 \text{ °C} = 298 \text{ K}$
 Temperatura finale: $T = 12 \text{ °C} = 285 \text{ K}$

■ INCOGNITE

Numero di moli: $n = ?$
 Volume finale: $V = ?$
 Variazione percentuale di volume: $\frac{\Delta V}{V_1} = ?$

L'IDEA

Applichiamo l'equazione di stato dei gas perfetti allo stato iniziale (per ricavare il numero di moli) e allo stato finale (per ricavare il volume finale).

LA SOLUZIONE

Inverto l'equazione di stato del gas perfetto al livello del mare per ricavare il numero n di moli.

Da $p_1 V_1 = nRT_1$ otteniamo

$$n = \frac{p_1 V_1}{RT_1} = \frac{(1,0 \times 10^5 \text{ Pa}) \times (5,7 \times 10^{-3} \text{ m}^3)}{(8,315 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})) \times (298 \text{ K})} = 0,23 \text{ mol.}$$

Inverto l'equazione di stato del gas perfetto in altura per ricavare il volume finale V del cilindro; dai dati ottenuti ricavo la variazione percentuale di volume.

Calcoliamo il volume finale:

$$V = \frac{nRT}{p} = \frac{(0,23 \text{ mol}) \times (8,315 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})) \times (285 \text{ K})}{8,5 \times 10^4 \text{ Pa}} = 6,4 \times 10^{-3} \text{ m}^3.$$

Quindi la variazione percentuale di volume è:

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \frac{V - V_0}{V_0} = \frac{(6,4 - 5,7) \times 10^{-3} \text{ m}^3}{5,7 \times 10^{-3} \text{ m}^3} = \frac{0,7 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{5,7 \times 10^{-3} \text{ m}^3} = 12\%.$$

100 ★★★ Un pallone sonda meteorologico di forma sferica contiene elio alla pressione di 120 kPa e alla temperatura di 293 K. Il diametro del pallone è di 3,65 m. Quando il pallone sale, la pressione si riduce a 65 kPa mentre la temperatura scende a 253 K.

- Qual è la variazione percentuale di volume del pallone?

[59%]

101 ★★★ Il gasolio in un motore Diesel si incendia quando viene a contatto con aria compressa nel cilindro a una temperatura di 800 °C. Il rapporto di compressione (rapporto tra il volume finale minimo e il volume iniziale massimo della camera di scoppio) è 1:20. Considera una pressione iniziale di 1,0 atm e una temperatura iniziale di 20 °C.

- Calcola la pressione che deve raggiungere l'aria nella camera di scoppio un istante prima che venga iniettato il gasolio perché quest'ultimo possa esplodere.

[73 atm]

PROBLEMI GENERALI

12 ★★★ 1,5 moli di gas perfetto, in contatto termico con una sorgente di temperatura 20 °C, vengono compresse in modo irreversibile da un volume iniziale $V_i = 40$ L a un volume finale $V_f = 4$ L.

- Calcolare la pressione iniziale del gas.

[0,90 atm]

(Esame di Fisica, Corso di laurea in Farmacia, Università La Sapienza di Roma, 2007/2008)

13 ★★★ Una sbarretta di vetro lunga 30 cm viene scaldata in modo che la sua temperatura aumenti di 65 °C. Calcolare l'allungamento della sbarretta, sapendo che il coefficiente di dilatazione lineare del vetro è $\lambda = 9 \times 10^{-6} \text{ °C}^{-1}$.

[2×10^{-4} m]

(Esame di Fisica, Corso di laurea in Scienze biologiche, Università di Genova, 2004/2005)

14 **OLIMPIADI DELLA FISICA** ★★★ Molti esperimenti di fisica moderna sono eseguiti in recipienti dove è stato prodotto un vuoto molto spinto, con pressioni dell'ordine di 10^{-8} Pa. In questo modo si realizza un ambiente molto ben pulito, dove si minimizza la possibilità di urti tra atomi, molecole, ioni o elettroni presenti nel recipiente.

- Stima il numero di molecole di gas presenti, per ogni metro cubo del recipiente, a temperatura ambiente (300 K).

Suggerimento: ricorda che $n = \frac{N}{N_A}$.
[nell'ordine di 10^{12} molecole / m³]
(Olimpiadi di fisica 2009; gara di II livello)

15 ★★★ In un cilindro, dotato di pistone scorrevole, si trova una certa quantità di gas perfetto. Il gas occupa inizialmente un volume di 36 dm³, una pressione di 1,8 bar e si trova alla temperatura di 300 K (stato A). Bloccando il pistone si scalda il gas fino a una temperatura di 650 K (stato B). In seguito si lascia espandere il gas mantenendo la temperatura costante fino a che raggiunge un determinato volume (stato C). Si blocca nuovamente il pistone e si raffredda il gas raggiungendo la pressione iniziale (stato D). Si lascia infine libero il pistone e mantenendo costante la pressione lo si riporta allo stato iniziale. Poiché lo stato finale coincide con lo stato iniziale, questa trasformazione si chiama ciclo.

- Completa la tabella.

	Stato A	Stato B	Stato C	Stato D
p (bar)	1,8			
T (K)	300	650		500
V (dm ³)	36			

- Disegna il grafico p - V del ciclo.
- Disegna il grafico p - T del ciclo.

TEST

8 Un solido di un certo materiale ha una densità uniforme di 2 g/cm³ e un volume V_0 a una temperatura di 20 °C. Il volume V del solido varia in funzione della temperatura T secondo la legge $V - V_0 = V_0 \times 0,002 \times (T - 20 \text{ °C})$. Se il solido ha una massa di 10 g, quale sarà il suo volume alla temperatura $T = 40 \text{ °C}$?

- A** 5,2 cm³
- B** 5,04 cm³
- C** 5,02 cm³
- D** 5,002 cm³

E 5,5 cm³

Test di ammissione Corso di laurea in Architettura 2012/2013

9 Un gas perfetto subisce una trasformazione in cui il volume e la pressione si riducono a 1/3 del valore iniziale. La temperatura:

- A** si riduce a 1/3 del valore iniziale.
- B** rimane costante.
- C** si riduce a 1/9 del suo valore iniziale.
- D** triplica il suo valore.