

qualsiasi prodotto gassoso) possono essere espresse come rapporti tra numeri interi e piccoli.

**Manometro** un barometro a due braccia. Vedere Figura 12-1.

**Pascal (Pa)** l'unità di misura della pressione nel SI; essa è definita come la pressione esercitata da una forza di un Newton agente sull'area di un metro quadro.

**Pressione** forza per unità di superficie.

**Pressione di vapore** è la pressione esercitata da un vapore in equilibrio con il liquido o il solido che l'ha generato.

**Pressione parziale** la pressione esercitata da un gas in una miscela di gas.

**Stato condensato** gli stati solido e liquido.

**Teoria cinetico-molecolare** una teoria che cerca di spiegare osservazioni macroscopiche sui gas in termini microscopici o molecolari.

**Torr** unità di misura della pressione; è la pressione esercitata da una colonna di mercurio dell'altezza di 1 mm a 0°C.

**Vapore** gas formato per ebollizione o evaporazione di un liquido o sublimazione di un solido; esso è un termine comunemente usato quando parte del liquido o del solido rimane a contatto con il gas.

**Velocità quadratica media,  $u_{rms}$**  è la radice quadrata della media dei quadrati delle velocità  $\sqrt{u^2}$ . Per un gas ideale,

essa è uguale a  $\sqrt{\frac{3RT}{M}}$ . La velocità quadratica media è un po' differente dalla velocità media, ma le due quantità sono proporzionali.

**Volume molare standard** è il volume occupato da una mole di gas ideale in condizioni standard; 22.414 litri.

**Zero assoluto** il punto zero della scala della temperatura assoluta;  $-273.15^\circ\text{C}$  o  $0\text{ K}$ ; teoricamente la temperatura alla quale il moto molecolare è minimo.

## Esercizi

### Simboli chiave

- Esercizi con ragionamento molecolare
- ▲ Esercizi particolarmente impegnativi

Si assuma il *comportamento del gas ideale*, salvo che non sia indicato diversamente.

### Concetti base

1. ● Definire la pressione. Darne una definizione scientifica precisa – una che possa essere compresa anche da qualcuno senza studi scientifici.
2. Affermare se le seguenti proprietà sono caratteristiche di tutti i gas, di alcuni gas o non appartengono ai gas: (a) trasparenza alla luce; (b) incolore; (c) incapace di passare attraverso la carta da filtro; (d) maggiori difficoltà a comprimersi dell'acqua liquida; (e) inodore; (f) sedimenta spontaneamente.
3. Descrivere il barometro a mercurio. Come funziona?



Barometro

7. Completare la seguente tabella.

	atm	torr	Pa	kPa
Atmosfera standard	1			
Pressione parziale dell'azoto nell'atmosfera		593		
Un contenitore con idrogeno compresso			$1.61 \times 10^5$	
Pressione atmosferica sulla cima del Monte Everest				33.7

8. Dire se ciascuno dei seguenti campioni di materia è un gas. Se l'informazione è insufficiente per decidere, scrivere "informazione insufficiente". (a) Un materiale è in un contenitore di acciaio alla pressione di 100 atm. Quando il contenitore viene aperto all'aria, il materiale si espande immediatamente aumentando il suo volume di numerose volte. (b) Un materiale, inizialmente emesso da una ciminiera industriale, sale di circa 10 m nell'aria. Osservandolo in un cielo limpido, esso ha un aspetto bianco. (c) 1.0 mL di materiale pesa 8.2 g. (d) Quando un materiale è rilasciato dalla profondità di 9 m dalla superficie di un lago, a livello del mare (equivalente alla pressione dell'acqua di circa 76 cm di mercurio) esso raggiunge rapidamente la superficie e, allo stesso tempo, raddoppia il suo volume. (e) Un materiale è trasparente e di colore verde pallido. (f) Un metro cubo di materiale contiene tante molecole quante  $1\text{ m}^3$  di aria alla stessa temperatura e pressione.
9. ▲ Le densità del mercurio e dell'olio di mais valgono, rispettivamente  $13.5\text{ g/mL}$  e  $0.92\text{ g/mL}$ . Se l'olio di mais fosse utilizzato in un barometro, quale sarebbe l'altezza della sua colonna, in metri, alla pressione atmosferica standard? (La pressione di vapore dell'olio è trascurabile).
10. Contenitori d'acciaio per lo stoccaggio di gas sono

4. Cos'è un manometro? Come funziona?
5. Esprimere una pressione di 675 torr nelle seguenti unità di misura: (a) mm Hg; (b) atm; (c) Pa; (d) kPa.
6. Una lettura tipica della pressione atmosferica in laboratorio è di 742 torr. Convertire questo valore in (a) psi, (b) cm Hg, (c) pollici Hg; (d) kPa, (e) atm, (f) ft H<sub>2</sub>O.



d'aria alla stessa temperatura e pressione. Calcolare la densità dell' $N_2$ , in g/L, a 1.25 atm e 35°C. Se il peso molecolare medio dell'aria è 29.2, qual è la densità dell'aria nelle stesse condizioni?

42. ● Un tecnico di laboratorio dimentica il significato del codice colore di alcune bombole di gas commerciali, ma ricorda che uno dei due recipienti contiene uno dei seguenti gas: He, Ne, Ar, o Kr. Misurazioni a STP, eseguite su campioni dei gas prelevati dalle due bombole, mostrano che le densità valgono 3.74 g/L e 0.900 g/L. (a) Determinare, attraverso i calcoli, quale dei gas è presente in ogni recipiente. (b) Questa determinazione può essere eseguita se le densità fossero state misurate in condizioni di temperatura e pressione differenti da STP?

### L'Equazione dei gas ideali

43. Calcolare  $R$  in  $L \cdot atm/mol \cdot K$ , in  $kPa \cdot dm^3/mol \cdot K$ , in  $J/mol \cdot K$ , e in  $kJ/mol \cdot K$ .
44. (a) Cos'è un gas ideale? (b) Cos'è l'equazione dei gas ideali? (c) Descrivere la logica usata per ottenere l'equazione dei gas ideali. (d) Cos'è  $R$ ? Come si ottiene?
45. (a) Un chimico si sta preparando per condurre una reazione, a pressione elevata, che richiede 36.0 moli di idrogeno gas. Il chimico pompa l'idrogeno in un contenitore rigido in acciaio di 12.3 L a 25°C. A quale pressione (in atmosfere), dev'essere compresso l'idrogeno? (b) Quale sarà la densità dell'idrogeno ad alta pressione?
46. Calcolare la pressione necessaria per far contenere 2.54 moli di un gas ideale a 45°C in un volume di 12.75 L.
47. ● (a) Quante molecole sono presenti in un recipiente da 500 mL contenente ossigeno gassoso se la pressione è di  $2.50 \times 10^{-7}$  torr e la temperatura di 1225 K? (b) Quanti grammi di ossigeno sono presenti nel contenitore?
48. ●▲ Una chiatta contenente 565 ton di cloro liquido fu coinvolta in un incidente. (a) Quale volume occuperebbe, questa quantità di cloro, se si fosse convertito tutto in gas a 750 torr e 18°C? (b) Assumiamo che il cloro sia confinato in una larghezza di 0.500 miglia e ad una profondità di 60 piedi. Quanto dovrebbe essere la lunghezza, in piedi, di questa "nuvola" di cloro?
49. Un pezzo di ghiaccio secco ( $CO_2(s)$ ) ha una massa di 22.50 g. Viene chiuso in un pallone da 2.50 L nel quale era stato fatto il vuoto. Qual è la pressione nel pallone a  $-4^\circ C$ ?
50. Quale massa di elio, in grammi, è richiesta per riempire un pallone da 5.0 L alla pressione di 1.1 atm e 25°C?
51. Qual è la pressione esercitata da 1.55 g di Xe a 20°C in un pallone da 560 mL?
52. Il volume molare standard di un gas ideale è 22.414 litri per mole a STP. Tuttavia, il volume molare standard di un gas che ha un alto peso molecolare o intense forze attrattive può deviare in maniera significativa da tale volume. Calcolare il volume molare standard dell'esaffluoruro di zolfo ( $SF_6$ ), densità = 6.65 g/L a STP, e del fluoruro di idrogeno (HF), densità = 0.922 g/L a STP.

### Pesi molecolari e formule dei composti gassosi

53. L'analisi di un liquido volatile mostra che esso contiene il 37.23% in massa di carbonio, 7.81% di idrogeno e il 54.96% di cloro. A 150°C e 1.00 atm, 500 mL del vapore

hanno massa di 0.922 g. (a) Qual è il peso molecolare del composto? Qual è la sua formula molecolare?

54. ▲ Ad uno studente fu consegnato un contenitore con etano,  $C_2H_6$ , che era stato chiuso a STP. Eseguendo appropriate misure, lo studente trovò che la massa del campione di etano era 0.244 g ed il volume del contenitore 185 mL. Utilizzare i dati dello studente per calcolare il peso molecolare dell'etano. Quale percentuale di errore si è ottenuta? Suggestire alcune possibili fonti d'errore.
55. Calcolare il peso molecolare di un elemento gassoso se 0.480 g di tale gas occupano 367 mL a 365 torr e 45°C. Suggestire l'identità dell'elemento.
56. In un magazzino di un impianto manifatturiero fu trovata una bombola. La sua etichetta era staccata e nessuno si ricordava cosa contenesse. Si osservò che un campione di 0.00500 g occupava 4.13 mL a 23°C e 745 torr. Si trovò, inoltre, che il campione era composto solo da carbonio ed idrogeno. Identificare il gas.
57. ● Un campione di roccia porosa fu riportato dal pianeta Farout, dall'altra parte della galassia. Intrappolato nella roccia si trovò del gas costituito da carbonio ed ossigeno. Il gas sconosciuto fu estratto e valutato. In condizioni STP si raccolse un volume di 3.70 mL di tale gas. Si determinò che la massa di tale campione valeva 0.00726 g. Ulteriori analisi mostrarono che il gas era costituito da un solo composto. Qual è l'identità più probabile di tale gas basandosi su queste analisi?
58. ●▲ In una beuta da 250 mL, immersa in acqua bollente, è stato fatto completamente vaporizzare un liquido altamente volatile. Dai seguenti dati, calcolare il peso molecolare (in una per molecola) del liquido. Massa della beuta vuota = 65.347 g; massa della beuta riempita con acqua a temperatura ambiente = 327.4 g; massa della beuta con il liquido condensato = 65.739 g; pressione atmosferica = 743.3 torr; temperatura di ebollizione dell'acqua = 99.8°C; densità dell'acqua a temperatura ambiente = 0.997 g/mL.
59. Un gas puro contiene 85.63% in massa di carbonio e 14.37% di idrogeno. La sua densità è 2.50 g/L a STP. Qual è la sua formula molecolare?

### Miscela di gas e legge di Dalton

60. (a) Cos'è la pressione parziale dei gas? (b) Enunciare la legge di Dalton. Esprimerla simbolicamente.
61. Un campione di ossigeno di massa 25.0 g, è contenuto in un recipiente a 0°C e 1000 torr. 6.00 g di idrogeno sono stati successivamente introdotti nello stesso recipiente a temperatura costante. Quale sarà la pressione finale del recipiente (assumendo solo rimescolamento e non reazione)?
62. Una miscela gassosa contiene 3.23 g di cloroformio,  $CHCl_3$ , e 1.22 g di metano,  $CH_4$ . Quale pressione è esercitata dalla miscela in un contenitore di metallo di 50.0 mL a 275°C? Qual è il contributo alla pressione del  $CHCl_3$ ?
63. Una miscela di ciclopropano-ossigeno può essere usata come anestetico. Se la pressione parziale del ciclopropano e dell'ossigeno sono, rispettivamente, 140 torr e 560 torr, quant'è il rapporto tra il numero di moli del ciclopropano ed il numero di moli dell'ossigeno nella

miscela  
mole  
64. Qual  
cont  
0.31  
65. ●▲  
com  
il nu  
di a  
moli  
66. Carr  
in tr  
sion  
in t  
mer  
sult  
mis  
 $N_2$   
67. Lid  
Il v  
vol

© Cengage Learning

68. Ur  
ca  
sar  
69. ▲  
ci  
ril  
m  
pr  
m  
te  
g  
m  
70. U  
n  
ex  
v:  
n  
(  
71. U  
v  
t  
r

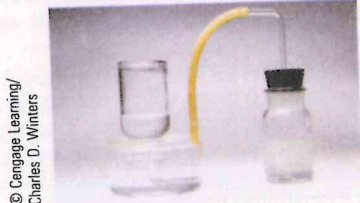
Stechiome

72.



miscela? Quant'è il corrispondente rapporto delle molecole?

64. Qual è la frazione molare di ogni gas in una miscela contenente He con pressione parziale 0.467 atm, Ar 0.317 atm e Xe 0.277 atm?
65.  $\bullet$   $\blacktriangle$  Assumiamo che l'aria non inquinata abbia la composizione elencata in Tabella 12-2. (a) Calcolare il numero di molecole di  $N_2$ , di  $O_2$  e di Ar in 1.00 L di aria a 21°C e 1.00 atm. (b) Calcolare le frazioni molari di  $N_2$ ,  $O_2$  e Ar, nell'aria.
66. Campioni individuali di  $O_2$ ,  $N_2$  e He sono contenuti in tre recipienti da 2.50 L. Ognuno esercita una pressione di 1.50 atm. (a) Se tutti e tre i gas fossero forzati in uno stesso contenitore da 1.00 L senza cambiamento di temperatura, quale sarebbe la pressione risultante? (b) Quant'è la pressione parziale di  $O_2$  nella miscela? (c) Quanto valgono le pressioni parziali di  $N_2$  e He?
67. L'idrogeno è stato raccolto nell'acqua a 20°C e 757 torr. Il volume di questo campione di gas era 35.3 mL. Quale volume occuperebbe l'idrogeno secco a STP?



H<sub>2</sub> raccolto in acqua

68. Un campione di azoto occupa 249 mL a STP. Se lo stesso campione fosse raccolto in acqua a 25°C e 750 torr, quale sarebbe il volume di questo campione di gas?
69.  $\blacktriangle$  Uno studio condotto su scalatori che raggiunsero la cima del Monte Everest senza ossigeno supplementare, rivelò che le pressioni parziali di  $O_2$  e  $CO_2$  nei loro polmoni, valevano, rispettivamente, 35 torr e 7.5 torr. La pressione barometrica alla sommità era 253 torr. Assumiamo che i gas nel polmone siano saturi di umidità alla temperatura di 37°C. Calcolare la pressione parziale del gas inerte (principalmente azoto) contenuto nei polmoni dei scalatori.
70. Una beuta da 4.00 L, contenente He a 6.00 atm, è connessa ad una beuta da 2.00 L contenente  $N_2$  a 3.00 atm ed ai due gas è permesso di rimescolarsi tra loro. (a) Trovare la pressione parziale di ogni gas dopo che si sono mescolati. (b) Trovare la pressione totale della miscela. (c) Quant'è la frazione molare dell'elio?
71. Un campione di gas di 3.46 litri viene raccolto in acqua un giorno in cui la temperatura vale 21°C e la pressione barometrica 718 torr. Il campione di gas secco aveva la massa di 4.20 g. Quant'è il peso molecolare del gas?

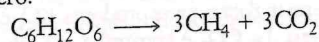
### Stechiometria nelle reazioni coinvolgenti gas

72.  $\bullet$  Durante una collisione, gli airbag di una automobile, sono riempiti con  $N_2$ , gas formatosi dalla decomposizione esplosiva di sodioazide,  $NaN_3$ .
- $$2NaN_3 \longrightarrow 2Na + 3N_2$$
- Quale massa di sodioazide sarebbe necessaria per gonfiare un airbag di 25.0 L alla pressione di 1.40 atm a 25°C?

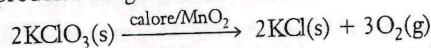
73. Assumendo che i volumi di tutti i gas nella reazione siano misurati alla stessa temperatura e pressione, calcolare il volume di vapor d'acqua ottenibile dalla reazione esplosiva di una miscela di 725 mL di idrogeno e 325 mL di ossigeno gassoso.

74.  $\blacktriangle$  Un litro di vapori di zolfo,  $S_8(g)$ , a 600°C e 1.00 atm è bruciato in eccesso di ossigeno puro per produrre biossido di zolfo gas,  $SO_2$ , misurato alla stessa temperatura e pressione. Quant'è la massa di  $SO_2$  gas ottenuta?

75.  $\bullet$  Calcolare il volume di metano,  $CH_4$ , misurato a 300 K e 825 torr, che può essere prodotto dalla fermentazione batterica di un campione da 1.10 kg di zucchero.

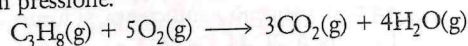


76.  $\blacktriangle$  Una reazione di laboratorio comunemente usata per produrre ossigeno è



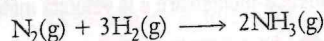
Se si stesse progettando un esperimento per produrre quattro bottiglie (ognuna contenente 250 mL) di  $O_2$  a 25°C e 762 torr, con una perdita del 25%, quale massa di clorato di potassio sarebbe richiesta?

77. Molti campeggiatori utilizzano piccole cucine a propano per prepararsi i pasti. Quale volume di aria (vedi Tabella 12-2) sarebbe richiesto per bruciare 8.50 L di propano,  $C_3H_8$ ? Assumere che tutti i volumi dei gas siano misurati nelle stesse condizioni di temperatura e di pressione.

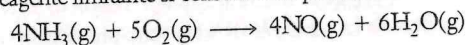


Fornello a propano

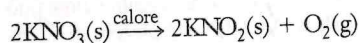
78. Se 3.00 L di azoto e 7.00 L di idrogeno sono posti a reagire tra loro, quanti litri di  $NH_3(g)$  potrebbero formarsi? Assumere tutti i gas alla stessa temperatura e pressione e che il reagente limitante si consumi completamente.



79. Bruciamo 12.50 L di ammoniaca in 20.00 L di ossigeno a 500°C. Quale volume di ossido di azoto,  $NO$ , gas, può formarsi? Quale volume di vapore  $H_2O(g)$ , si forma? Assumere tutti i gas alla stessa temperatura e pressione, e che il reagente limitante si consumi completamente.



80. Quale massa di  $KNO_3$  dovrebbe essere decomposta per produrre 21.1 L di ossigeno misurato a STP?



81.  $\bullet$  Riferiamoci all'Esercizio 80. Un campione impuro