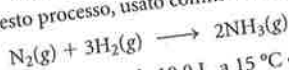
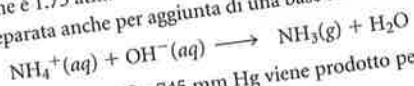


## Problema riassuntivo

L'ammoniaca,  $\text{NH}_3$ , è il composto di azoto commerciale più importante. Può essere prodotta facendo reagire azoto con idrogeno in fase gassosa: questo processo, usato commercialmente, è noto come processo Haber.



- L'ammoniaca si trova in un pallone di reazione da 10.0 L, a 15 °C e ad una pressione di 1.95 atm. Qual è la pressione nel pallone se la temperatura viene aumentata a 25 °C?
- L'ammoniaca si trova in un cilindro con un pistone mobile, a 25 °C e a una pressione di 2.50 atm. Qual è la pressione nel cilindro se la temperatura viene portata a 45 °C e il pistone viene spostato in modo da raddoppiare il volume occupato dal gas?
- Quanti grammi di ammoniaca sono prodotti, se a -15 °C e ad una pressione di 5.93 atm sono raccolti 7.85 L di ammoniaca?
- Qual è la densità dell'ammoniaca a 22 °C e a 745 mm Hg?
- Se 5.0 L di azoto a 12 °C e a 1.30 atm reagiscono con lo stesso volume di idrogeno alla stessa temperatura e pressione, che volume di ammoniaca si ottiene in queste condizioni di temperatura e pressione?
- Quali sono le pressioni dei gas nel pallone dopo che la reazione del punto (e) è avvenuta completamente? La pressione totale nel pallone è 1.75 atm.
- L'ammoniaca può essere preparata anche per aggiunta di una base forte a un sale di ammonio.



Che volume di ammoniaca gassosa a 25 °C e 745 mm Hg viene prodotto per mescolamento di 25.00 mL di  $\text{NH}_4\text{Cl}$  6.50 M e di 45.00 mL di  $\text{NaOH}$  0.432 M?

- Le soluzioni acquose di ammoniaca sono basi deboli; vengono preparate facendo gorgogliare ammoniaca gassosa in acqua. Se 845 mL di gas alla pressione di 1.00 atm e a 27 °C sono gorgogliati in 4.32 L di acqua, qual è la molarità della soluzione risultante? Assumete che il volume finale della soluzione sia 4.32 L.
- Confrontate la velocità di effusione di  $\text{NH}_3$  con quella di  $\text{N}_2$  alla stessa temperatura e pressione. Confrontate il tempo che occorre per effondere ad un ugual numero di molecole di  $\text{N}_2$  e di  $\text{NH}_3$ .
- La velocità media di una molecola di azoto a 25 °C è 515 m/s. Qual è la velocità media di una molecola di ammoniaca a questa temperatura?

### Risposte

- (a) 2.02 atm (b) 1.33 atm (c) 37.4 g (d) 0.689 g/L  
 (e) 3.3 L (f) 0.88 atm l'una (g) 0.485 L (h)  $7.94 \times 10^{-3}$   
 (i) velocità di  $\text{NH}_3 = 1.28 \times$  velocità di  $\text{N}_2$ ; tempo di  $\text{NH}_3 = 0.780 \times$  velocità di  $\text{N}_2$  (j) 659 m/s

## Quesiti e problemi

I problemi con i numeri in blu indicano che le risposte sono disponibili nell'Appendice 6 alla fine del libro.

### Misurazioni nei gas

- In un contenitore da 10 galloni di metano ci sono 1.243 mol di metano ( $\text{CH}_4$ ) a 74 °F. Esprimete il volume del contenitore in litri, la quantità di metano in grammi e la temperatura del contenitore in K.
- Una bombola da 6.00 piedi ha un raggio di 26 pollici e contiene 189 libbre di elio a 25 °C. Esprimete il volume della bombola ( $V = \pi r^2 h$ ) in litri, la quantità di elio in moli e la temperatura in Kelvin.
- Completate la seguente tabella di conversioni di pressione.

mm Hg	atm	kPa	bar
396	1.15	97.1	1.00
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

- Eseguite le conversioni indicate tra unità di pressione.

mm Hg	atm	kPa	bar
1215	0.714	143	0.904
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

### Calcoli con la legge dei gas

- Per aggiunta di 3.0 mol di ossigeno, un cilindro con un pistone mobile raggiunge un volume di 12.6 L. Il gas nel cilindro ha una pressione di 5.83 atm. Dopo che si è verificata una fuga di gas dal cilindro, il volume di gas alla stessa pressione risulta essere 12.1 L. Quante moli di ossigeno sono andate perse?
- Un contenitore è riempito con un gas fino a una pressione di 977 mm Hg a 25 °C. Quando il contenitore viene riscaldato, la pressione aumenta a 1.50 atm. A che temperatura è stato riscaldato il gas?
- Un campione di  $\text{CO}_2$  gassoso a 22 °C e 1.00 atm ha un volume di 2.00 L. Determinate il rapporto tra il volume originale e quello finale quando
  - la pressione e la quantità di gas restano costanti e la temperatura in gradi Celsius viene raddoppiata.
  - la pressione e la quantità di gas restano costanti e la temperatura in gradi Kelvin viene raddoppiata.



8. Un campione di aria si trova inizialmente a 32 °C. Se  $P$  e  $n$  vengono mantenuti costanti, a che temperatura deve essere raffreddata l'aria perché
- il suo volume diminuisca del 25%?
  - il suo volume diminuisca fino a diventare il 25% del volume di partenza?
9. Un pallone da basket viene gonfiato in un garage a 25 °C ad una pressione relativa di 8.0 psi. La pressione relativa è la pressione in eccesso rispetto alla pressione atmosferica, che è 14.7 psi. Il pallone è usato in un cortile alla temperatura di -7 °C e sembra "sgonfiato". Quale è la pressione reale dell'aria nel pallone? Quale è la pressione relativa?
10. Uno pneumatico viene gonfiato ad una pressione relativa di 28.0 psi a 71 °F. La pressione relativa è la pressione in eccesso rispetto alla pressione atmosferica, che è 14.7 psi. Dopo alcune ore di guida, l'aria nello pneumatico ha una temperatura di 115 °F. Qual è la pressione relativa dell'aria nello pneumatico? Qual è la pressione reale dell'aria nello pneumatico? Assumete che le variazioni di volume nello pneumatico siano trascurabili.
11. Un serbatoio di gas da 38.0 L a 35 °C contiene azoto a una pressione di 4.65 atm. Il suo contenuto viene trasferito senza perdite in un altro serbatoio da 55.0 L, precedentemente evacuato, in una camera fredda, la cui temperatura è 4 °C. Qual è la pressione dell'azoto nel nuovo serbatoio?
12. Una siringa sigillata contiene 25.0 mL di aria a 23 °C e ad una pressione di 745 mm Hg. Quando viene riscaldata a bagnomaria a 82 °C, il volume del gas al suo interno aumenta dell'8%. Qual è la pressione nella siringa? È aumentata?
13. Un pallone riempito di elio ha un volume di  $1.28 \times 10^3$  L al livello del mare, dove la pressione è 0.998 atm e la temperatura è 31 °C. Che volume assume quando viene portato sulla cima di una montagna dove la pressione è 0.753 atm e la temperatura è -25 °C?
14. Un pallone di reazione contiene 1.35 mol di idrogeno gassoso a 25 °C e ad una pressione di 1.05 atm. Nel pallone viene aggiunto azoto gassoso alla stessa temperatura finché la pressione non aumenta a 1.64 atm. Quante moli di azoto sono state aggiunte?
15. Una bottiglia di plastica da due litri per bevande gassate può sopportare una pressione di 5 atm. In una di queste bottiglie viene immerso mezzo bicchiere (circa 120 mL) di alcol etilico,  $C_2H_5OH$  ( $d = 0.789$  g/mL) a temperatura ambiente. La bottiglia viene poi riscaldata a 100 °C (3 cif. sign.), trasformando l'alcol liquido in vapore. Sarà in grado la bottiglia di plastica di sopportare la pressione o esploderà?
16. Il sangue arterioso contiene circa 0.25 mg di ossigeno per millilitro. Qual è la pressione esercitata dall'ossigeno in un litro di sangue arterioso alla normale temperatura corporea, 37 °C?
17. Un pezzo di ghiaccio secco ( $CO_2(s)$ ) ha una massa di 22.50 g. È lasciato cadere in una beuta da 2.50 L in cui è stato fatto il vuoto. Qual è la pressione nella beuta a -4 °C?
18. Un contenitore da 2.00 L, evacuato e vuoto, ha una massa di 725.6 g. Qual è la sua massa dopo che è stato riempito con gas butano ( $C_4H_{10}$ ) a 22 °C fino ad una pressione di 1.78 atm?
19. Completate la seguente tabella per il gas tetraossido di diazoto.

Pressione	Volume	Temperatura	Moli	Grammi
1.77 atm	4.98 L	43.1°C		
673 mm Hg	488 mL		0.783	
0.899 bar		912°C		6.25
	1.15 L	39°F	0.166	

20. Usate la legge dei gas ideali per completare la tabella seguente per il gas butano ( $C_4H_{10}$ ).

Pressione	Volume	Temperatura	Moli	Grammi
0.895 atm	1.75 L	19°C	1.66	
433 mm Hg	92.4 mL	6°C		14.0
1.74 bar	8.66 L	98°F	0.395	

21. Calcolate le densità (in grammi per litro) dei seguenti gas a 75 °F e 1.33 bar.
- argon
  - ammoniaca
  - acetilene ( $C_2H_2$ )
22. Calcolate le densità (in grammi per litro) dei seguenti gas a 97 °C e 755 mm Hg.
- cloruro di idrogeno
  - biossido di zolfo
  - butano ( $C_4H_{10}$ )
23. I palloncini riempiti di elio salgono in aria, perché la densità dell'elio è minore di quella dell'aria.
- Se l'aria ha una massa molare media di 29.0 g/mol, qual è la sua densità a 25 °C e 770 mm Hg?
  - Qual è la densità dell'elio alla stessa temperatura e pressione?
  - Un pallone riempito con biossido di carbonio, alla stessa temperatura e pressione, salirebbe?
24. Si dice che l'aria sia più "fine" ad alta quota che a livello del mare. Confrontate la densità dell'aria a livello del mare, dove la pressione barometrica è 755 mm Hg e la temperatura è 0 °C, con quella che possiede in cima al Monte Everest, alla stessa temperatura (a quell'altezza la pressione barometrica è 210 mm Hg). Ammettete che la massa molare dell'aria sia 29.0 g/mol.
25. Il ciclopropano, mescolato in rapporti opportuni con l'ossigeno, può essere usato come anestetico. A 755 mm Hg e 25 °C ha una densità di 1.71 g/L.
- Qual è la massa molare del ciclopropano?
  - Il ciclopropano è composto per l'85.7% da C e per il 14.3% da H. Qual è la formula molecolare del ciclopropano?
26. Il fosgene è un gas estremamente tossico costituito da atomi di carbonio, ossigeno e cloro. La sua densità a 1.05 atm e 25 °C è 4.24 g/L.
- Qual è la massa molare del fosgene?
  - Il fosgene è composto per il 12.1% da C, per il 16.2% da O e per il 71.7% da Cl. Qual è la formula molecolare del fosgene?
27. Il gas contenuto nel tubo di un laser contiene (in moli per cento) 11%  $CO_2$ , 5.3%  $N_2$  e 84% He.
- Qual è la massa molare di questa miscela?
  - Calcolate la densità di questa miscela gassosa a 32 °C e 758 mm Hg.
  - Qual è il rapporto tra la densità di questo gas e quella dell'aria ( $MM = 29.0$  g/mol) nelle stesse condizioni?
28. L'aria espirata contiene 74.5%  $N_2$ , 15.7%  $O_2$ , 3.6%  $CO_2$  e 6.2%  $H_2O$  (in moli per cento).
- Calcolate la massa molare dell'aria espirata.
  - Calcolate la densità dell'aria espirata a 37 °C e 757 mm Hg e confrontate i valori ottenuti con quelli normali dell'aria ( $MM = 29.0$  g/mol).
29. Un campione da 1.58 g di  $C_2H_3X_3(g)$  ha un volume di 297 mL a 769 mm Hg e 35 °C. Identificate l'elemento X.
30. Un campione da 2.00 g di  $SX_6(g)$  ha un volume di 329.5  $cm^3$  a 1.00 atm e 20 °C. Identificate l'elemento X e indicate il nome del composto.

### Stechiometria delle reazioni gassose

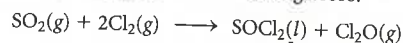
31. L'ossido di azoto è un inquinante che si trova comunemente nelle emissioni delle ciminiere. Un modo per eliminarlo è quello di farlo reagire con l'ammoniaca



Quanti litri di ammoniaca sono necessari per convertire 12.8 L di ossido di azoto in azoto gassoso? Assumete che la resa sia del 100% e che tutti i gas siano misurati nelle stesse condizioni di temperatura e di pressione.

32. Usando la stessa reazione del Quesito 31, e facendo le stesse assunzioni, quanti litri di azoto gassoso si formano quando 297 L di NO vengono trattati con ammoniaca?

33. L'ossido di dicloro è usato come battericida per purificare l'acqua. Si produce per clorurazione del biossido di zolfo gassoso.



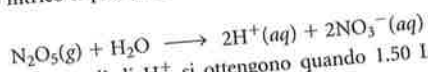


Quanti litri di  $\text{Cl}_2\text{O}$  si possono produrre mescolando 5.85 L di  $\text{SO}_2$  con 9.00 L di  $\text{Cl}_2$ ? Quanti litri del reagente in eccesso rimangono dopo il completamento della reazione? Assumete una resa del 100% e che tutti i gas siano misurati alla stessa temperatura e pressione.

34. L'acido solfidrico gassoso ( $\text{H}_2\text{S}$ ) è il responsabile dello sgradevole odore di uova marce. Quando reagisce con l'ossigeno, vengono prodotti biossido di zolfo gassoso e vapore.

- Scrivete un'equazione bilanciata per la reazione
- Quanti litri di  $\text{H}_2\text{S}$  dovrebbero reagire con un eccesso di ossigeno per produrre 12.0 L di  $\text{SO}_2$ ? La resa della reazione è 88.5%. Si assumano temperatura e pressione costanti per tutto il corso della reazione.

35. L'acido nitrico si può preparare gorgogliando pentossido di diazoto in acqua.



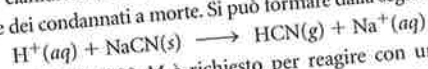
(a) Quante moli di  $\text{H}^+$  si ottengono quando 1.50 L di  $\text{N}_2\text{O}_5$  a  $25^\circ\text{C}$  e 1.00 atm di pressione vengono gorgogliati in acqua?

(b) La soluzione ottenuta in (a) dopo il completamento della reazione ha un volume di 437 mL. Qual è la molarità dell'acido nitrico ottenuto?

36. Il biossido di diazoto, comunemente detto ossido nitroso, viene usato come gas propellente per i distributori di panna montata. Viene preparato riscaldando il nitrato di ammonio a  $250^\circ\text{C}$  e dalla reazione si forma anche vapor d'acqua.

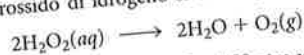
- Scrivete un'equazione bilanciata per la decomposizione del nitrato d'ammonio in ossido nitroso e vapor d'acqua.
- Che volume di ossido di diazoto gassoso si forma a  $250^\circ\text{C}$  e 1.0 atm per riscaldamento di 5.00 g di  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ? Assumete una resa del 100%.

37. L'acido cianidrico ( $\text{HCN}$ ) è un gas tossico usato nelle camere a gas per l'esecuzione dei condannati a morte. Si può formare dalla seguente reazione:



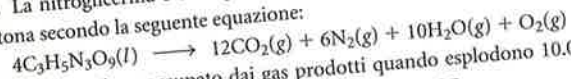
Che volume di  $\text{HCl}$  6.00 M è richiesto per reagire con un eccesso di  $\text{NaCN}$  allo scopo di produrre abbastanza  $\text{HCN}$  per riempire una stanza di  $12 \times 11 \times 9$  piedi alla pressione di 0.987 atm e  $72^\circ\text{F}$ ?

38. Quando il perossido di idrogeno si decompone, produce ossigeno:



Che volume di ossigeno gassoso a  $25^\circ\text{C}$  e 1.00 atm viene prodotto dalla decomposizione di 25.00 mL di una soluzione al 30.0% in massa di perossido di idrogeno ( $d = 1.05 \text{ g/mL}$ )?

39. La nitroglicerina è un esplosivo usato nell'industria mineraria. Essa detona secondo la seguente equazione:



Che volume viene occupato dai gas prodotti quando esplodono 10.00 g di nitroglicerina? La pressione totale è 1.45 atm a  $523^\circ\text{C}$ .

40. Il nitrato di ammonio può essere usato come un efficace esplosivo in quanto si decompone in un gran numero di prodotti gassosi. A temperature sufficientemente alte, il nitrato di ammonio si decompone in azoto, ossigeno e vapore.

- Scrivete un'equazione bilanciata per la decomposizione del nitrato d'ammonio.
- Se 1.00 kg di nitrato d'ammonio viene saldato in un cilindro d'acciaio da 50.0 L e riscaldato a  $787^\circ\text{C}$ , qual è la pressione nel cilindro, assumendo una decomposizione del 100%?

### Miscela di gas

41. In alcune camere per colture di batteri che si nutrono di  $\text{CO}_2$  si usa una miscela di gas consistente di  $\text{CO}_2$  per il 95.0% e di  $\text{O}_2$  per il 5.0% (percentuali molari). Qual è la pressione parziale di ciascuno di questi gas se la pressione totale è 735 mm Hg?

42. Un laser usa una miscela di gas che consiste di 9.00 g di  $\text{HCl}$ , 2.00 g di  $\text{H}_2$  e 165.0 g di  $\text{Ne}$ . Qual è la pressione esercitata da questa miscela in un serbatoio da 75.0 L a  $22^\circ\text{C}$ ? Quale gas ha la minor pressione parziale?

43. Un campione di emissioni gassose nocive è stato raccolto in un contenitore da 1.25 L a 752 mm Hg e analizzato. Dall'analisi risulta composto per il 92% da  $\text{CO}_2$ , per il 3.6% da  $\text{NO}$ , per il 1.2% da  $\text{SO}_2$  e per il 4.1% da  $\text{H}_2\text{O}$  (in massa). Qual è la pressione parziale di ogni gas?

44. Il contenuto di una tanica di gas naturale a 1.20 atm viene analizzato, e risulta composto per l'88.6% da  $\text{CH}_4$ , per l'8.9% da  $\text{C}_2\text{H}_6$  e per il 2.5% da  $\text{C}_3\text{H}_8$ . Qual è la pressione parziale di ogni gas nella tanica?

45. Un campione di gas raccolto su acqua a  $42^\circ\text{C}$  occupa un volume di un litro. Il gas umido ha una pressione di 0.986 atm. Il gas viene anidrificato e il gas secco occupa un volume di 1.04 L ad una pressione di 1.00 atm e a  $90^\circ\text{C}$ . Usando queste informazioni, calcolate la tensione di vapore dell'acqua a  $42^\circ\text{C}$ .

46. Un campione di ossigeno gassoso viene raccolto su acqua a  $25^\circ\text{C}$  (t.v.  $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = 23.8 \text{ mm Hg}$ ). Il gas umido occupa un volume di 7.28 L ad una pressione totale di 1.25 bar. Se tutta l'acqua viene allontanata, che volume occuperà l'ossigeno anidro ad una pressione di 1.07 atm e ad una temperatura di  $37^\circ\text{C}$ ?

47. Considerate due palloni separati da una valvola. Entrambi sono mantenuti alla stessa temperatura. Assumete che quando la valvola tra i due palloni viene chiusa, i gas restano confinati nei loro rispettivi palloni. Quando la valvola è chiusa, valgono i seguenti dati:

Gas	Pallone B	
	Ne	CO
V	2.50 L	2.00 L
P	1.09 atm	0.773 atm

Assumendo che non vi sia variazione di temperatura, determinate la pressione finale all'interno del sistema dopo l'apertura della valvola che collega i due palloni. Ignorate il volume del tubo che collega i due palloni.

48. Seguite le istruzioni del Problema 47 per la seguente situazione:

Gas	Pallone B	
	Ar	$\text{Cl}_2$
V	4.00 L	1.00 L
P	2.50 atm	1.00 atm

49. Quando l'acetilene,  $\text{C}_2\text{H}_2$ , viene bruciato in atmosfera di ossigeno, si formano biossido di carbonio e vapor d'acqua. Un campione di acetilene con un volume di 7.50 L e una pressione di 1.00 atm è bruciato in eccesso di ossigeno a  $225^\circ\text{C}$ . I prodotti di reazione vengono trasferiti senza perdite in un pallone da 10.0 L, alla stessa temperatura.

- Scrivete un'equazione bilanciata per la reazione.
- Qual è la pressione totale dei prodotti nel pallone da 10.0 L?
- Qual è la pressione parziale di ciascuno dei prodotti nel pallone?

50. L'azoto reagisce con il vapore d'acqua producendo ammoniaca e biossido di azoto gassoso. Un campione di 20.0 L di azoto a  $173^\circ\text{C}$  e 772 mm Hg è fatto reagire con un eccesso di vapore d'acqua. I prodotti sono raccolti a temperatura ambiente ( $25^\circ\text{C}$ ) in un pallone di raccolta evacuato con un volume di 15.0 L.

- Scrivete un'equazione bilanciata per la reazione.
  - Qual è la pressione totale dei prodotti nel pallone di raccolta dopo che la reazione è giunta a completamento?
  - Qual è la pressione parziale di ciascuno dei prodotti nel pallone?
51. Un campione di ossigeno viene raccolto in acqua a  $22^\circ\text{C}$  e 752 mm Hg all'interno di un pallone da 125 mL. La tensione di vapore dell'acqua a  $22^\circ\text{C}$  è 19.8 mm Hg.

- Qual è la pressione parziale dell'ossigeno?
- Quante moli di gas secco vengono raccolte?
- Quante moli di gas umido ci sono nel pallone?
- Se si aggiungono nel pallone 0.0250 g di  $\text{N}_2(\text{g})$  alla stessa temperatura, qual è la pressione parziale dell'azoto nel pallone?
- Qual è la pressione totale nel pallone dopo l'aggiunta di azoto?