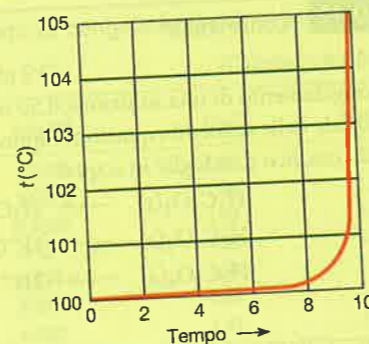


È meglio bollire l'acqua all'aperto. Facendolo in cucina, potreste non essere capaci di aprire porte e finestre per un paio di settimane. Il legno tende a gonfiarsi quando assorbe qualche centinaio di litri d'acqua.

3. Quando la concentrazione dello zucchero raggiunge il 66%, siete arrivati allo sciroppo d'acero. L'innalzamento calcolato del punto di ebollizione (660 g di zucchero, 340 g di acqua),

$$\Delta T_b = 0.52^\circ\text{C} \times \frac{660/342}{0.340} = 3.0^\circ\text{C}$$

è alquanto basso rispetto al valore osservato, di circa  $4^\circ\text{C}$ . La temperatura cresce molto rapidamente attorno ai  $104^\circ\text{C}$  (Figura B), pertanto la termometria diventa il metodo preferenziale per individuare il "punto finale". Appena prima di questo punto, si deve aggiungere una o due gocce di olio vegetale per evitare la formazione di schiuma; forse deriva da questo la frase "spargere olio su acque tempestose".



**Figura B**  
**Ebollizione dello sciroppo d'acero.** Sembra che lo sciroppo d'acero richieda un tempo lunghissimo prima di bollire a  $101^\circ\text{C}$ . Poi la temperatura aumenta rapidamente fino al punto finale,  $104^\circ\text{C}$ . Per ulteriore cauto riscaldamento si ottiene lo zucchero d'acero.

## Sommario del capitolo

### Concetti chiave

1. Effettuare calcoli di diluizione. (Esempi 10.1; Problemi 11-14,16)
2. Calcolo di una concentrazione ( $M$ ,  $X$ , massa %,  $m$ ). (Esempi 10.2, 10.3; Problemi 1-8)
3. Conversione di una unità di concentrazione in un'altra. (Esempio 10.4; Problemi 9, 10, 15-20)
4. Applicazione della legge di Henry per correlare la solubilità dei gas alla pressione parziale. (Esempio 10.5; Problemi 27-30)
5. Applicazione della legge di Raoult per calcolare la tensione di vapore di una soluzione. (Esempio 10.6; Problemi 33-36)
6. Correlare il punto di congelamento, punto di ebollizione, o la pressione osmotica di una soluzione alla concentrazione di soluto. (Esempi 10.7, 10.8, 10.10; Problemi 31, 32, 37-44, 53-56)
7. Uso delle proprietà colligative per determinare la massa molare di un soluto. (Esempio 10.9; Problemi 45-52)
8. Uso delle proprietà colligative per determinare l'entità della ionizzazione. (Esempio 10.11; Problemi 57, 58)

### Equazioni chiave

Diluizione di una soluzione	$M_c V_c = M_d V_d$ (Sezione 10.1)
Legge di Henry	$C_g = k P_g$ (Sezione 10.2)
Legge di Raoult	$P_1 = X_1 P_1^0; \Delta P = X_2 P_1^0$ (Sezione 10.3)
Pressione osmotica	$\pi = MRT \times i$ (Sezione 10.4)
Punto di ebollizione	$\Delta T_b = k_b \times m \times i$ ( $k_b = 0.52^\circ\text{C}/m$ per l'acqua) ( $i = n^\circ$ di moli di particelle per mole di soluto) (Sezione 10.4)
Punto di congelamento	$\Delta T_f = k_f \times m \times i$ ( $k_f = 1.86^\circ\text{C}/m$ per l'acqua) (Sezione 10.4)

### Termini chiave

abbassamento del punto di congelamento	molarità
abbassamento della tensione di vapore	non elettrolita
elettrolita	osmosi
frazione molare	parti per milione
innalzamento del punto di ebollizione	pressione osmotica
massa percentuale	proprietà colligative
molalità	parti per miliardo

## Problema riassuntivo

Consideriamo l'acido palmitico,  $\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{O}_2$ , un comune acido grasso usato nella produzione del sapone. Una soluzione di acido palmitico viene preparata mescolando 112 g di acido con 725 mL di benzene,  $\text{C}_6\text{H}_6$  ( $d = 0.879$  g/mL). La densità della soluzione risultante è 0.902 g/mL.

- Qual è la massa percentuale di acido palmitico nella soluzione?
- Qual è la molarità della soluzione?
- La tensione di vapore del benzene puro a  $26^\circ\text{C}$  è  $1.00 \times 10^2$  mm Hg. Assumete che la tensione di vapore esercitata dall'acido palmitico a  $26^\circ\text{C}$  sia trascurabile. Qual è la tensione di vapore della soluzione a questa temperatura?
- I punti di ebollizione e di congelamento normale del benzene e le sue costanti dei punti di ebollizione e di congelamento sono riportati in Tabella 10.2. Quali sono i punti di ebollizione e di congelamento normale di questa soluzione?
- Il colesterolo è una sostanza cerosa molle che si trova nel sangue. Dodici grammi di colesterolo vengono disciolti in benzene per preparare 525 mL di soluzione a  $27^\circ\text{C}$ . Si è trovato che la pressione osmotica di questa soluzione è 1.45 atm. Qual è la massa molare del colesterolo?

### Risposte

- 15.0%
- 0.527
- 95 mm Hg
- punto di ebollizione =  $81.84^\circ\text{C}$ ; punto di congelamento =  $1.99^\circ\text{C}$
- 388 g/mol

## Quesiti e problemi

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

### Concentrazioni di soluzioni

1. Una soluzione viene preparata sciogliendo 12.15 g di nitrato di nichel(II) in 175 mL di acqua ( $d = 1.00$  g/mL). Calcolate
  - la massa percentuale di nitrato di nichel(II) nella soluzione.
  - la frazione molare di ioni nichel(II) nella soluzione.
2. L'acetone,  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ , è l'ingrediente principale dei prodotti usati per togliere lo smalto dalle unghie. Una soluzione viene preparata aggiungendo 35.0 mL di acetone ( $d = 0.790$  g/mL) a 50.0 mL di alcol etilico,  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ , ( $d = 0.789$  g/mL). Assumendo che i volumi siano additivi, calcolate
  - la massa percentuale di acetone nella soluzione.
  - la percentuale in volume di alcol etilico nella soluzione.
  - la frazione molare di acetone nella soluzione.
3. Perché una soluzione di acido acetico ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) si possa definire "aceto", essa deve contenere il 5.00% di acido acetico in massa. Se si prepara un aceto mescolando solo acido acetico e acqua, qual è la molarità dell'acido acetico nella soluzione? La densità dell'aceto è 1.006 g/mL.
4. Le soluzioni introdotte direttamente nel flusso sanguigno debbono essere "isotoniche" con il sangue; cioè, debbono avere la stessa pressione osmotica del sangue. Per essere isotonica con il sangue una soluzione acquosa di NaCl deve avere una concentrazione di 0.90% in massa. Qual è la molarità degli ioni sodio in soluzione? Assumete che la densità della soluzione sia 1.00 g/mL.
5. Nell'acqua di alcuni acquedotti cittadini è possibile trovare ioni argento. La concentrazione media di ioni argento negli acquedotti è 0.028 ppm.
  - Quanti milligrammi di ioni argento ingerite giornalmente se bevete otto bicchieri (200 g ciascuno) di acqua del rubinetto?
  - Quanti litri di acqua del rubinetto occorrono per recuperare chimicamente 1.00 g di argento?

6. Il piombo è un metallo velenoso soprattutto per i bambini in quanto essi ne trattengono una frazione maggiore degli adulti. Livelli di piombo di 0.250 ppm in un bambino provocano un ritardo nello sviluppo mentale. Quante moli di piombo presente in 1.00 g di sangue di un bambino corrispondono a 0.250 ppm?

7. Completate la seguente tabella per soluzioni acquose di solfato di rame(II).

Massa di soluto	Volume di soluzione	Molarità
(a) 12.50 g	478 mL	_____
(b) _____	283 mL	0.299 M
(c) 4.163 g	_____	0.8415 M

8. Completate la seguente tabella per soluzioni acquose di perclorato di bario.

Massa di soluto	Volume di soluzione	Molarità
(a) _____	1.370 L	0.08415 M
(b) 12.01 g	_____	0.0579 M
(c) 26.44 g	2.750 L	_____

9. Completate la seguente tabella per soluzioni acquose di caffeina,  $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{O}_2\text{N}_4$ .

Molalità	Massa % solvente	Ppm soluto	Frazione molare solvente
(a) _____	_____	_____	0.900
(b) _____	_____	1269	_____
(c) _____	85.5	_____	_____
(d) 0.2560	_____	_____	_____



10. Completate la seguente tabella per soluzioni acquose di urea,  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ .

	Molalità	Massa % solvente	Ppm soluto	Frazione molare solvente
(a)	2.577	_____	_____	_____
(b)	_____	45.0	_____	_____
(c)	_____	_____	4768	_____
(d)	_____	_____	_____	0.815

11. Descrivete come preparereste 465 mL di una soluzione di dicromato di potassio 0.3550 M partendo da
- dicromato di potassio solido.
  - una soluzione di dicromato di potassio 0.750 M.
12. Descrivete come preparereste 1.00 L di una soluzione di idrossido di bario 0.750 M partendo da
- idrossido di bario solido.
  - una soluzione di idrossido di bario 6.00 M.
13. Una soluzione viene preparata diluendo 225 mL di una soluzione di solfato di alluminio 0.1885 M con acqua fino a un volume finale di 1.450 L. Calcolate
- il numero di moli di solfato di alluminio prima della diluizione.
  - le molarità del solfato di alluminio, degli ioni alluminio e degli ioni solfato nella soluzione diluita.
14. Una soluzione viene preparata diluendo 0.7850 L di una soluzione di solfuro di potassio 1.262 M con acqua fino a un volume finale di 2.000 L.
- Quanti grammi di solfuro di potassio sono stati disciolti per preparare la soluzione originale?
  - Quali sono le molarità del solfuro di potassio, degli ioni potassio e degli ioni solfuro nella soluzione diluita?
15. L'etichetta di una bottiglia di acido fosforico riporta "85.0%  $\text{H}_3\text{PO}_4$  in massa; densità = 1.689  $\text{g}/\text{cm}^3$ ." Calcolate la molarità, la molalità e la frazione molare dell'acido fosforico nella soluzione.
16. L'etichetta di una bottiglia di una soluzione acquosa concentrata di ammoniaca commerciale riporta la scritta "29.89%  $\text{NH}_3$  in massa; densità = 0.8960  $\text{g}/\text{mL}$ ."
- Qual è la molarità della soluzione di ammoniaca?
  - Se si diluiscono 250.0 mL dell'ammoniaca commerciale con acqua per preparare 3.00 L di soluzione, qual è la molarità della soluzione diluita?

17. Completate la seguente tabella per soluzioni acquose di idrossido di potassio.

	Densità (g/mL)	Molarità	Molalità	Massa % soluto
(a)	1.05	1.13	_____	_____
(b)	1.29	_____	_____	30.0
(c)	1.43	_____	14.2	_____

18. Completate la seguente tabella per soluzioni acquose di solfato di ammonio.

	Densità (g/mL)	Molarità	Molalità	Massa % soluto
(a)	1.06	0.886	_____	_____
(b)	1.15	_____	_____	26.0
(c)	1.23	_____	3.11	_____

19. Si assuma che 30 L di linfa d'acero diano un kg di sciroppo d'acero (66% saccarosio,  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ). Qual è la molalità della soluzione di saccarosio dopo che un quarto del contenuto d'acqua della linfa sia stato rimosso?

20. In uno zuccherificio, la canna da zucchero viene spezzettata, mescolata con acqua e schiacciata tra dei rulli. Il succo ottenuto contiene dal 7 all'11% di saccarosio,  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ . Si assuma che 25 L del succo raccolto (di densità 1.0  $\text{g}/\text{mL}$ ) contengano l'11% di saccarosio. Qual è la molalità del saccarosio dopo che il 33% (in massa) del contenuto d'acqua sia stato rimosso?

### Solubilità

21. Quale di questi composti è più probabile che sia solubile in benzene ( $\text{C}_6\text{H}_6$ )? In ogni caso si spieghi la risposta.
- $\text{CCl}_4$  o  $\text{NaCl}$
  - esano ( $\text{C}_6\text{H}_{14}$ ) o glicerolo ( $\text{CH}_2\text{OHCHOHCH}_2\text{OH}$ )
  - acido acetico ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) o acido eptanoico ( $\text{C}_6\text{H}_{13}\text{COOH}$ )
  - $\text{HCl}$  o propilcloruro ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$ )
22. Quale di questi composti è più solubile in  $\text{CCl}_4$ ? In ogni caso si spieghi la risposta.
- esano ( $\text{C}_6\text{H}_{14}$ ) o  $\text{CaCl}_2$
  - $\text{CBr}_4$  o  $\text{HBr}$
  - benzene ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ) o alcool etilico ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ )
  - $\text{I}_2$  o  $\text{NaI}$
23. Scegliete il membro di ciascuna serie che pensate sia il più solubile in acqua. Spiegate il perché.
- naftalene,  $\text{C}_{10}\text{H}_8$ , o perossido di idrogeno,  $\text{H}-\text{O}-\text{O}-\text{H}$
  - biossido di silicio o idrossido di sodio
  - cloroformio,  $\text{CHCl}_3$  o cloruro di idrogeno
  - alcol metilico,  $\text{CH}_3\text{OH}$ , o etere metilico,  $\text{H}_3\text{C}-\text{O}-\text{CH}_3$
24. Scegliete il membro di ciascuna serie che pensate sia il più solubile in acqua. Spiegate il perché.
- cloruro di metile,  $\text{CH}_3\text{Cl}$ , o alcol metilico,  $\text{CH}_3\text{OH}$
  - triioduro di azoto o ioduro di potassio
  - cloruro di litio o cloruro di etile,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$
  - ammoniaca o metano
25. Si consideri il processo con il quale il cloruro di piombo si scioglie in acqua
- $$\text{PbCl}_2(s) \longrightarrow \text{Pb}^{2+}(aq) + 2\text{Cl}^-(aq)$$
- Usando i dati delle tabelle del Capitolo 8, calcolate il  $\Delta H$  per questa reazione.
  - Basandovi unicamente su dati termodinamici, vi aspettate che la solubilità di  $\text{PbCl}_2$  aumenti all'aumentare della temperatura?
26. Si consideri il processo per cui l'idrossido di sodio si scioglie in acqua
- $$\text{NaOH}(s) \longrightarrow \text{Na}^+(aq) + \text{OH}^-(aq)$$
- Usando i dati delle tabelle del Capitolo 8, calcolate il  $\Delta H$  per questa reazione.
  - Basandovi unicamente su dati termodinamici, vi aspettate che la solubilità di  $\text{NaOH}$  aumenti all'aumentare della temperatura?
27. La costante della legge di Henry per la solubilità dell'elio gassoso in acqua è  $3.8 \times 10^{-4} \text{ M}/\text{atm}$  a 25 °C.
- Esprimete la costante di solubilità dell'elio gassoso in  $\text{M}/\text{mm Hg}$ .
  - Se la pressione parziale di  $\text{He}$  a 25 °C è 293 mm Hg, qual è la concentrazione in mol/L di  $\text{He}$  in soluzione a 25 °C?
  - Che volume di elio gassoso si può sciogliere in 10.00 L di acqua a 293 mm Hg e 25 °C? (Ignorate la pressione parziale dell'acqua.)
28. La costante della legge di Henry per la solubilità dell'argon gassoso in acqua è  $1.0 \times 10^{-3} \text{ M}/\text{atm}$  a 30 °C.
- Esprimete la costante di solubilità dell'argon gassoso in  $\text{M}/\text{mm Hg}$ .
  - Se la pressione parziale dell'argon gassoso a 30 °C è 693 mm Hg, qual è la concentrazione in  $\text{M}$  di argon disciolto/in soluzione a 30 °C?
  - Quanti grammi di argon gassoso si possono sciogliere in 25 L di acqua a 693 mm Hg e 30 °C? (Ignorate la pressione parziale dell'acqua.)
29. Una bevanda gassata si prepara saturando l'acqua con biossido di carbonio a 0 °C e 3.0 atm. La bottiglia viene successivamente aperta a temperatura ambiente (25 °C) e raggiunge l'equilibrio con l'aria della stanza che contiene  $\text{CO}_2$  ( $P_{\text{CO}_2} = 3.4 \times 10^{-4} \text{ atm}$ ).

La costante della legge di Henry per la solubilità di  $\text{CO}_2$  in acqua è 0.0769  $\text{M}/\text{atm}$  a 0 °C e 0.0313  $\text{M}/\text{atm}$  a 25 °C.

- Qual è la concentrazione del biossido di carbonio nella bottiglia prima che venga aperta?
  - Qual è la concentrazione del biossido di carbonio nella bottiglia dopo che è stata aperta e giunta all'equilibrio con l'aria?
30. La costante della legge di Henry per la solubilità dell'ossigeno gassoso in acqua è  $3.30 \times 10^{-4} \text{ M}/\text{atm}$  a 12 °C e  $2.85 \times 10^{-4} \text{ M}/\text{atm}$  a 22 °C. L'aria è composta di ossigeno per il 21% in moli.
- Quanti grammi di ossigeno si possono sciogliere in un litro di acqua di un torrente da trote a 12 °C (54 °F) e una pressione dell'aria di 1.00 atm?
  - Quanti grammi di ossigeno si possono sciogliere per litro della stessa acqua del torrente da trote a 22 °C (72 °F) alla stessa pressione di (a)?
  - Un impianto nucleare è responsabile dell'aumento di temperatura dell'acqua del torrente. Che percentuale di ossigeno disciolto viene persa da questo aumento di temperatura del torrente?

### Proprietà colligative di non elettroliti

31. Una vodka contiene il 40% (due cifre significative) in volume di etanolo ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ). Assumendo che la densità della soluzione sia 1.0  $\text{g}/\text{mL}$ , qual è il punto di congelamento della vodka? La densità dell'etanolo è 0.789  $\text{g}/\text{mL}$ .
32. Qual è il punto di congelamento dello sciroppo d'acero (66% saccarosio)? Il saccarosio è  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ .
33. Calcolate la tensione di vapore dell'acqua sopra ciascuna delle seguenti soluzioni di glicole etilenico,  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ , a 22 °C (tensione di vapore dell'acqua pura = 19.83 mm Hg). Si può ritenere che il glicole etilenico non sia volatile.
- $X_{\text{glicole etilenico}} = 0.288$
  - % di glicole etilenico in massa = 39.0%
  - glicole etilenico 2.42  $\text{m}$
34. Ripetete i calcoli del Problema 33 a 96 °C (tensione di vapore acqua pura = 657.6 mm Hg).
35. La tensione di vapore di  $\text{CCl}_4$  puro a 65 °C è 504 mm Hg. Quanti grammi di naftalene ( $\text{C}_{10}\text{H}_8$ ) si debbono aggiungere a 25.00 g di  $\text{CCl}_4$  affinché la tensione di vapore di  $\text{CCl}_4$  sopra la soluzione sia 483 mm Hg? Assumete che la tensione di vapore del naftalene a 65 °C sia trascurabile.
36. Come preparereste 1.00 L di una soluzione acquosa di acido ossalico ( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ) ( $d = 1.05 \text{ g}/\text{mL}$ ) con una tensione di vapore di 21.97 mm Hg a 24 °C (tensione di vapore acqua pura = 22.38 mm Hg)?
37. Calcolate la pressione osmotica delle seguenti soluzioni di urea,  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ , a 22 °C.
- urea 0.217 M
  - 25.0 g di urea sciolti in tanta acqua da produrre 685 mL di soluzione.
  - urea al 15% in massa (densità della soluzione = 1.12  $\text{g}/\text{mL}$ ).
38. La pepsina è un enzima coinvolto nel processo della digestione. La sua massa molare è circa  $3.50 \times 10^4 \text{ g}/\text{mol}$ . Qual è la pressione osmotica in mm Hg a 30 °C di un campione di 0.250 g di pepsina in 55.0 mL di una soluzione acquosa?
39. Calcolate il punto di congelamento e il punto di ebollizione normali delle seguenti soluzioni:
- 25.0% in massa di glicerina,  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ , in acqua
  - 28.0 g di glicole propilenico,  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2$ , in 325 mL di acqua ( $d = 1.00 \text{ g}/\text{cm}^3$ )
  - 25.0 mL di etanolo,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  ( $d = 0.780 \text{ g}/\text{mL}$ ), in 735 g di acqua ( $d = 1.00 \text{ g}/\text{cm}^3$ )
40. Quanti grammi dei seguenti non elettroliti dovrete aver sciolto in 100.0 g di cicloesano (vedere Tabella 10.2) per aumentare il punto di ebollizione di 2.0 °C? Per abbassare il punto di congelamento di 1.0 °C?
- acido citrico,  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$
  - caffaina,  $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2$

41. Quali sono il punto di congelamento e il punto di ebollizione normali di una soluzione preparata aggiungendo 39 mL di acetone,  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ , a 225 mL di acqua? Le densità dell'acetone e dell'acqua sono rispettivamente 0.790  $\text{g}/\text{cm}^3$  e 1.00  $\text{g}/\text{cm}^3$ .

42. Le soluzioni antigelo sono soluzioni acquose di glicole etilenico,  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$  ( $d = 1.12 \text{ g}/\text{mL}$ ). In Connecticut le auto sono "preparate per l'inverno" riempiendo i radiatori con una soluzione antigelo in grado di proteggere il motore fino ad una temperatura di -20 °F.

- Qual è la minima molalità necessaria della soluzione antigelo?
- Quanti millilitri di glicole etilenico bisogna aggiungere a 250 mL di acqua per preparare la soluzione del punto (a)?

43. Quando 13.66 g di acido lattico,  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ , vengono mescolati con 115.0 g di acido stearico, la miscela congela a 62.7 °C. Il punto di congelamento dell'acido stearico puro è 69.4 °C. Qual è la costante del punto di congelamento dell'acido stearico?

44. Una soluzione contenente 4.50 g di glicol propilenico,  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2$ , in 40.5 mL di alcool t-butilico ( $d = 0.780 \text{ g}/\text{mL}$ ) congela a 8.5 °C. Il punto di congelamento dell'alcool t-butilico è 25.5 °C. Qual è la sua costante del punto di congelamento?

45. L'insulina è un ormone responsabile della regolazione dei livelli di glucosio nel sangue. Una soluzione acquosa di insulina ha una pressione osmotica di 2.5 mm Hg a 25 °C. Essa viene preparata sciogliendo 0.100 g di insulina in tanta acqua da dare 125 mL di soluzione. Qual è la massa molare dell'insulina?

46. Il lisozima, estratto dal bianco d'uovo, è un enzima che distrugge le pareti delle cellule dei batteri. Un campione di 20.0 mg di questo enzima viene sciolto in tanta acqua da dare 225 mL di soluzione. A 23 °C la soluzione ha una pressione osmotica di 0.118 mm Hg. Calcolate la massa molare del lisozima.

47. L'alcol laurilico si ottiene dalla noce di cocco ed è un ingrediente di numerosi shampoo. La sua formula empirica è  $\text{C}_{12}\text{H}_{26}\text{O}$ . Una soluzione di 5.00 g di alcol laurilico in 100.0 g di benzene bolle a 80.78 °C. Usando la Tabella 10.2, trovate la formula molecolare dell'alcol laurilico.

48. Il metodo di Rast utilizza la canfora ( $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}$ ) come solvente per determinare la massa molare di un composto. Quando 2.50 g di cortisone acetato vengono sciolti in 50.00 g di canfora ( $k_f = 40.0 \text{ }^\circ\text{C}/\text{m}$ ), il punto di congelamento della miscela risulta 173.44 °C; quello della canfora pura è 178.40 °C. Qual è la massa molare del cortisone acetato?

49. La caffeina è costituita per il 49.5% da C, per il 5.2% da H, per il 16.5% da O e per il 28.9% da N. Una soluzione costituita da 8.25 g di caffeina e da 100.0 mL di benzene ( $d = 0.877 \text{ g}/\text{mL}$ ) congela a 3.03 °C. Il benzene puro ( $k_f = 5.10 \text{ }^\circ\text{C}/\text{m}$ ) congela a 5.50 °C. Quali sono la formula minima e la formula molecolare della caffeina?

50. Un composto contiene 42.9% C, 2.4% H, 16.6% N e 38.1% O. Aggiungendo 3.16 g di questo composto a 75.0 mL di cicloesano ( $d = 0.779 \text{ g}/\text{cm}^3$ ) otteniamo una soluzione con un punto di congelamento di 0.0 °C. Usando la Tabella 10.2, determinate la formula molecolare del composto.

51. Un biochimico isola una nuova proteina e determina la sua massa molare con misure di pressione osmotica. Vengono preparati 50.0 mL di una soluzione sciogliendo 225 mg della proteina in acqua. La soluzione ha una pressione osmotica di 4.18 mm Hg per la soluzione a 25 °C. Qual è la massa molare della nuova proteina?

52. La massa molare di un tipo di emoglobina è stata determinata da misure di pressione osmotica. Uno studente misura una pressione osmotica di 4.60 mm Hg per una soluzione a 20 °C contenente 3.27 g di emoglobina in 0.200 L di soluzione. Qual è la massa molare dell'emoglobina?