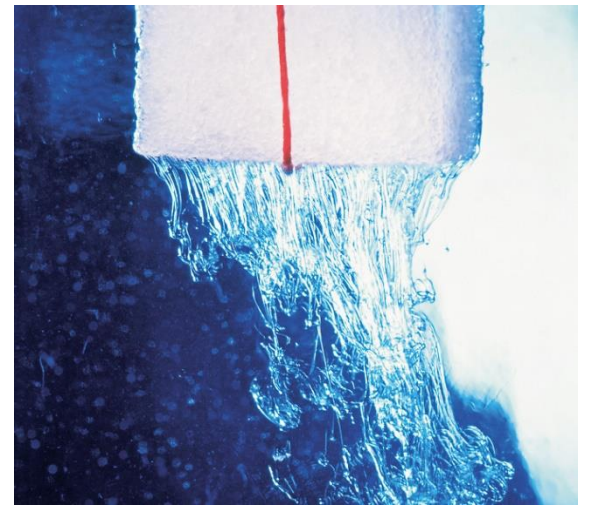


GENEL KİMYA

Prensipieri ve Modern Uygulamaları

Petrucci • Harwood • Herring

8. Baskı



BÖLÜM 14: Çözeltiler ve Fiziksel Özellikleri

İçindekiler

- 14-1 Çözelti türleri: **Bazı Terimler**
- 14-2 Çözelti Derişimleri
- 14-3 Moleküller Arası Kuvvetler ve Çözünme
- 14-4 Çözelti Oluşumu ve Denge
- 14-5 Gazların Çözünürlüğü
- 14-6 Çözeltinin Buhar Basıncı
- 14-7 Osmotik Basınç
- 14-8 Elektrolit Olmayan Çözeltilerin Donma Noktası Alçalması ve Kaynama Noktası Yükselmesi
- 14-9 Elektrolit Çözeltiler
- 14-10 Kolloid Çözeltiler

14-1 Çözelti Türleri: Bazı Terimler

- **Çözeltiler**
 - Homojen karışımlardır. Bileşimi ve özellikleri tek düzedir.
- **Çözücü**
 - Çözeltinin miktarca fazla olan halini (katı, sıvı, gaz) belirleyen bileşenidir.
- **Çözünen**
 - Çözücüye göre daha az miktarda bulunan çözelti bileşenidir.
- **Derişik Çözelti**
 - Çözünen madde ya da maddeleri daha çok miktarda içeren çözeltidir.
- **Seyreltik Çözelti**
 - Miktar olarak az çözünen madde içeren çözeltidir.

Çözelti Türleri: Bazı Terimler

- **Alaşım**

- Bir metalin çözücü olduğu katı çözeltilere denir.

14-2 Çözelti Derişimleri

Derişim: Verilen bir çözücüde ya da çözeltide bulunan çözünen miktarının bir ölçüsüdür.

- Kütle yüzdesi (m/m)
- Hacim yüzdesi (v/v)
- Kütle/hacim yüzdesi (m/v)
- 100 mL çözeltide 25 mL metil alkol içeren çözeltinin derişimi:
%25 Metil alkol-Su çözeltisi (*hacim/hacim*)
- 100 mL çözeltide 0,9 g NaCl içeren sulu çözeltinin derişimi: %0,9 NaCl (*kütle/hacim*)

ppm, ppb ve ppt

- Çözeltilerde bir bileşenin kütle ya da hacim yüzdesi çok küçük ise, çözelti derişimini genellikle başka bir birimle belirtiriz:

ppm: milyonda bir (kısım) ($\mu\text{g/g}$, mg/L)

ppb: milyarda bir (kısım) (ng/g , $\mu\text{g/L}$)

ppt: trilyonda bir (kısım) (pg/g , ng/L)

Not: $1,0 \text{ L} \times 1,0 \text{ g/mL} = 1000 \text{ g}$

ppm, ppb ve ppt, m/m veya v/v olarak ifade edilir.

Mol Kesri ve Mol Yüzdesi

$$\chi = \frac{i \text{ bileşeninin miktarı (mol)}}{\text{Çözeltideki bütün bileşenlerin toplam miktarı (mol)}}$$

$$\chi_1 + \chi_2 + \chi_3 + \dots \chi_n = 1$$

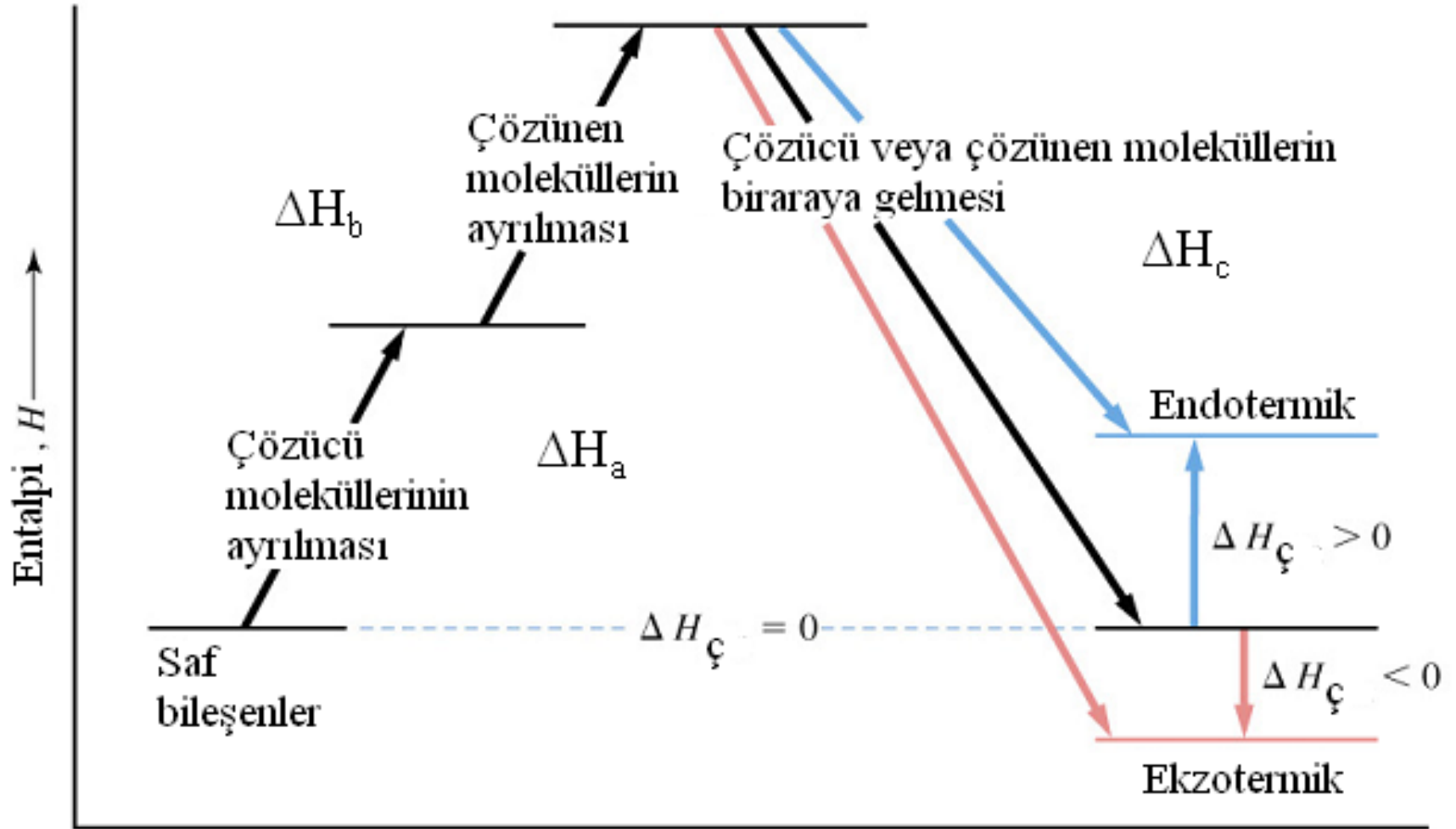
$$\% \text{ mol } i = \chi_i \times \%100$$

Molarite ve Molalite

$$\text{Molarite (M)} = \frac{\text{Çözünen miktarı (mol)}}{\text{Çözeltinin hacmi (L)}}$$

$$\text{Molalite (m)} = \frac{\text{Çözünen miktarı (mol)}}{\text{Çözücünün kütlesi (kg)}}$$

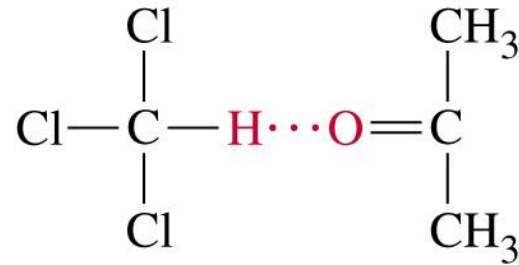
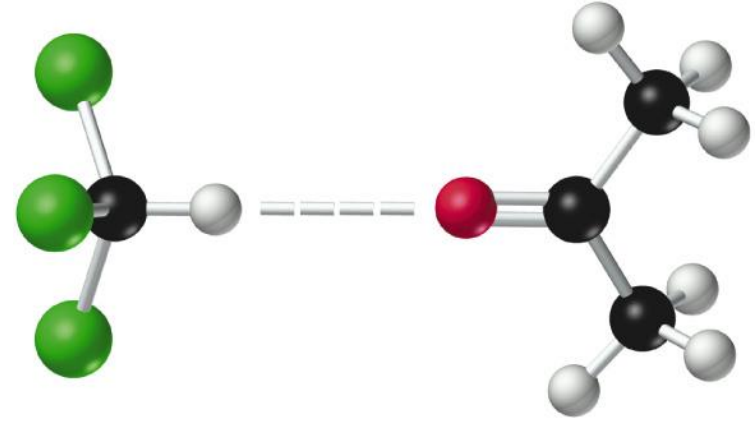
14-3 Moleküller Arası Kuvvetler ve Çözünme



İdeal Olmayan Çözeltiler

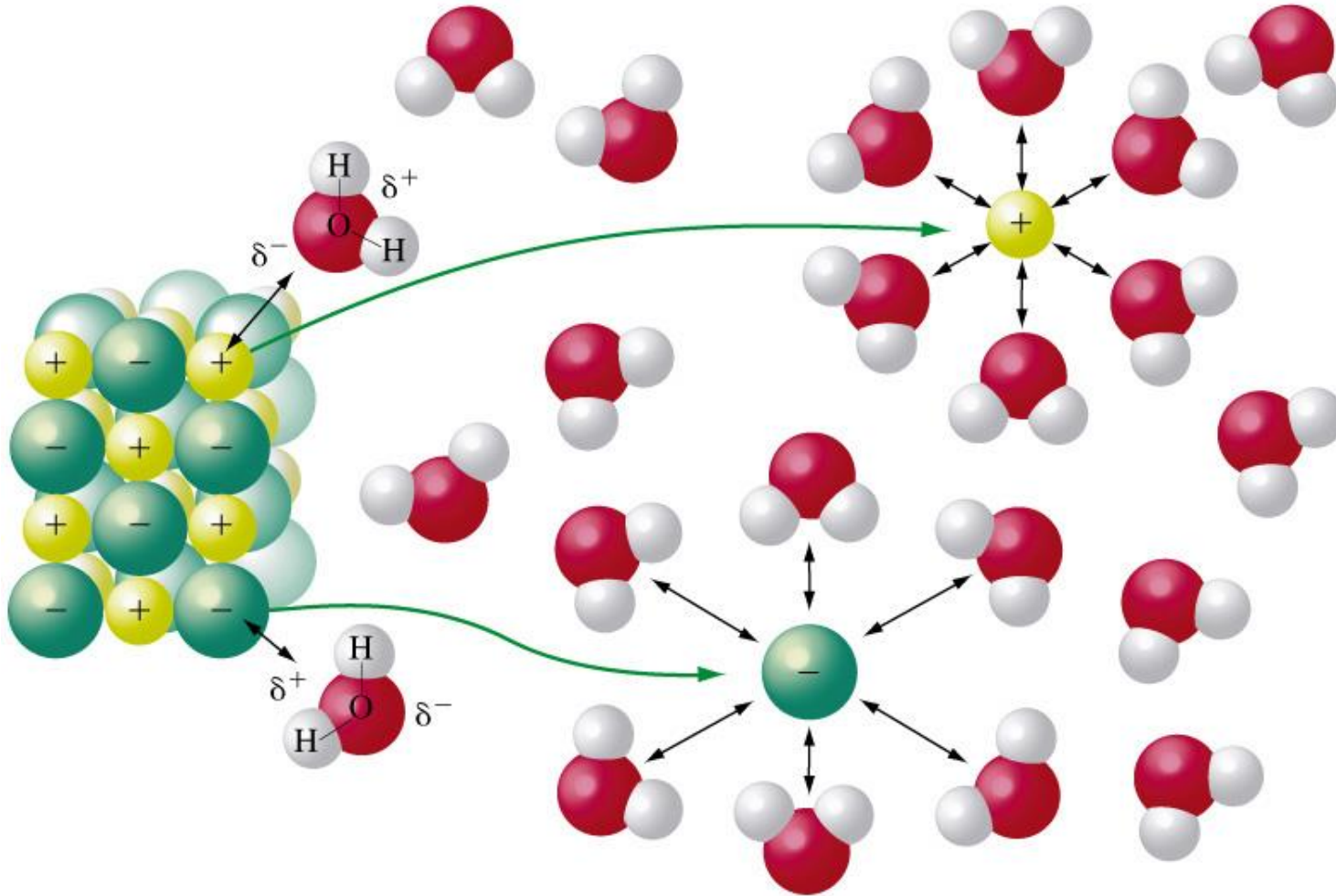
- Adhezyon kuvvetleri kohezyon kuvvetlerinden daha büyüktür.

$$\Delta H_{\text{ç}} < 0$$



❖ CHCl_3 (kloroform) ve $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$ (aseton) molekülleri arası hidrojen bağı, benzer moleküller arasından daha büyük çekim kuvvetine neden olur.

İyonik Kristalin Suda Çözünmesi



Çözünmenin temeli, su dipollerinin iyonik kristal yüzeyindeki iyonları sarması ve onları hidratlaştırmasıdır.

Hidratlaşma Enerjisi

- İyonun etrafında su molekülleri ile sarılmasına **hidratlaşma** denir.
- İyonlar hidratlaştığı zaman enerji açığa çıkar.
- Hidratlaşma enerjisinin büyüklüğü, iyonik kristalden iyonları ayırmak için gerekli enerjiden daha büyükse, iyonik katı suda çözünür.

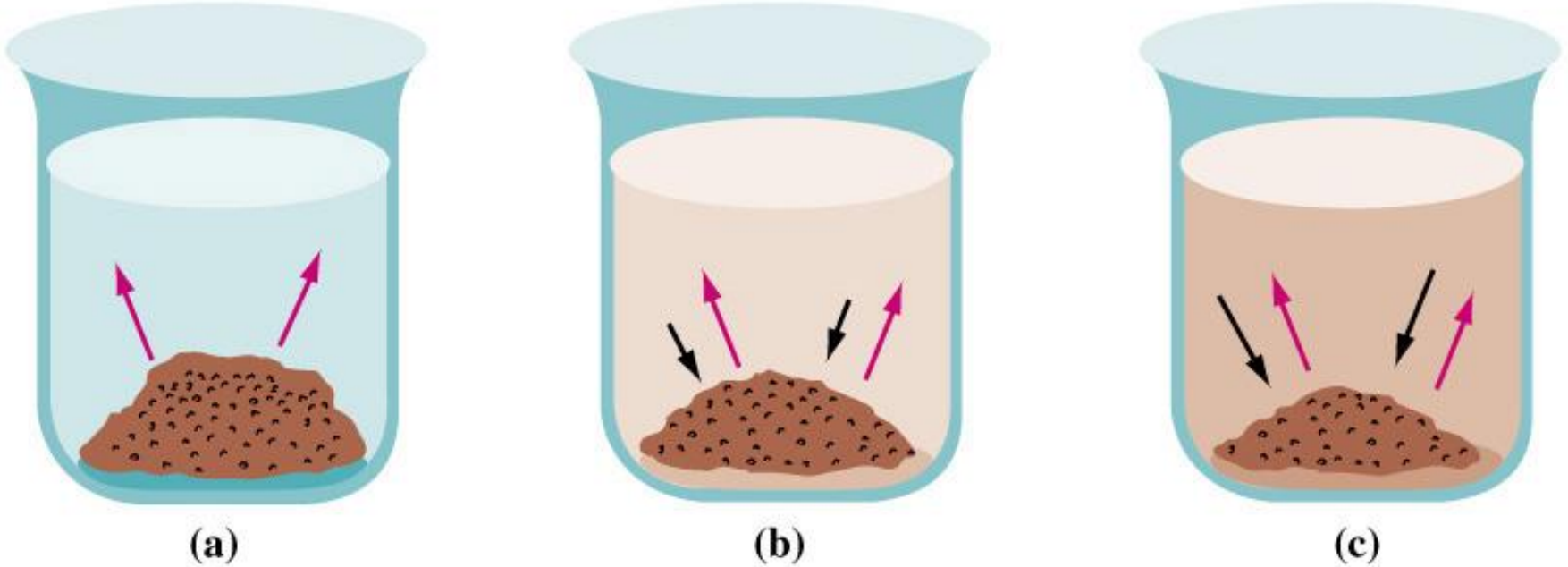
Entropi

Entropi, atom, iyon ve molekül gruplarının olabildiğince düzensiz bir şekilde dağılma eğilimlerinin bir ölçüsüdür.

Bütün sistemler düzenli hale gelerek enerjilerini azaltmak (**entalpi azalması**) isterken, bir taraftan da en dağınık durumda bulunmak (**entropi artması**) isterler. Bir olay, bu iki etmenin bileşkesi uygunsa, **kendiliğinden** meydana gelir.

14-4 Çözelti Oluşumu ve Denge

Doygun Çözeltinin Oluşması



Okların uzunlukları çözünme($\uparrow$)ve çökeltme($\downarrow$) hızlarını gösterir.

(a) Çözünen madde çözücü içine konduğu anda çözünme başlar.

(b) Bir süre sonra çökeltme hızı önemli bir değere ulaşır. (c)

Çözünme ve çökeltme hızları eşit olduğu zaman çözelti doymuş hale gelir.

Çözünürlük

Verilen bir sıcaklıkta normal olarak mümkün olan en fazla çözünen içeren çözeltiye **doygun çözelti** denir.

Verilen koşullarda çözebileceğinden daha az çözünen taşıyan çözeltiye **doymamış çözelti** denir.

Doymuş bir çözeltiden daha fazla çözünen içeren çözeltiye **aşırı doymuş çözelti** denir. Belli sıcaklıkta doymuş çözelti daha fazla ısıtılarak (içinde daha fazla madde çözünür) aşırı doymuş hale getirilir. Soğutulduğu halde, içinde aşırı kristali olmamasından dolayı kristallenme olmayan doygun çözeltidir.

Doygun çözeltinin derişimine, verilen çözücü içinde çözünenin **çözünürlüğü** denir. Çözünürlük sıcaklıkla değişir. Çözünürlüğün sıcaklığa bağlılığını gösteren eğriye **çözünürlük eğrisi** denir.

Çözünürlük Eğrileri

Çözünürlük molarite, kütle yüzdesi 100 g suda çözünen maddenin gramı gibi çeşitli yollarla ifade edilebilir. Bütün çözünürlük eğrilerinde (KClO_4 da olduğu gibi) eğrideki (S) noktasında çözelti doygundur. Eğrinin (1) bölgesi de aşırı doygun (2) bölgesinde ise doymamış çözelti bulunur.

14-5 Gazların Çözünürlüğü



Sıcaklığın Etkisi

- Çoğu gazın çözünürlüğü sıcaklık arttıkça azalır.
- Gazların organik çözücülerdeki çözünürlükleri *yüksek sıcaklıklarda daha fazladır.*
- Soygazların sudaki çözünme davranışları oldukça karmaşıktır. Bunların *çözünürlükleri sıcaklık arttıkça azalırsa da, belli bir sıcaklıkta minimuma indikten sonra, artmaya başlar.*

Basıncın Etkisi

- Henry Yasası

Bir gazın çözünürlüğü gaz basıncıyla doğru orantılı olarak artar. Buna “Henry yasası” denir.

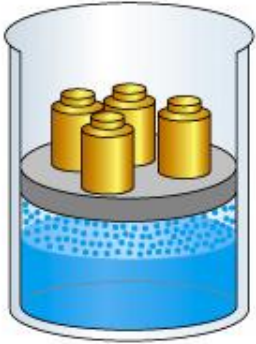
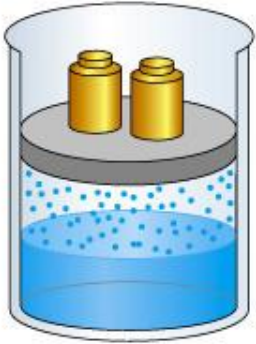
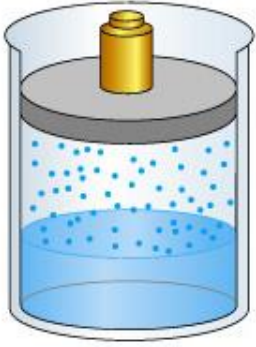
$$C = k P_{\text{gaz}}$$

C: Bir gazın belli bir çözücünde, sabit bir sıcaklıktaki çözünürlüğü.

$$k = \frac{C}{P_{\text{gaz}}} = \frac{23,54 \text{ mL}}{1,00 \text{ atm}} = 23,54 \text{ ml N}_2/\text{atm}$$

$$P_{\text{gaz}} = \frac{C}{k} = \frac{100 \text{ mL}}{23,54 \text{ ml N}_2/\text{atm}} = 4,25 \text{ atm}$$

Henry Yasası



Çözünmüş gazın
(rengin koyulaşması
ile çözünmüş gazın
derişimi artıyor)
derişimi çözeltinin
üstündeki gazın
basıncı (noktaların
sıklaşması ile gazın
basıncı artıyor) ile
orantılıdır.



14-6 Çözeltilerin Buhar Basınçları

Raoult Yasası

- Raoult, 1880'lerde bir çözünenin, çözücünün buhar basıncını düşürdüğünü buldu.
- *Raoult yasası*

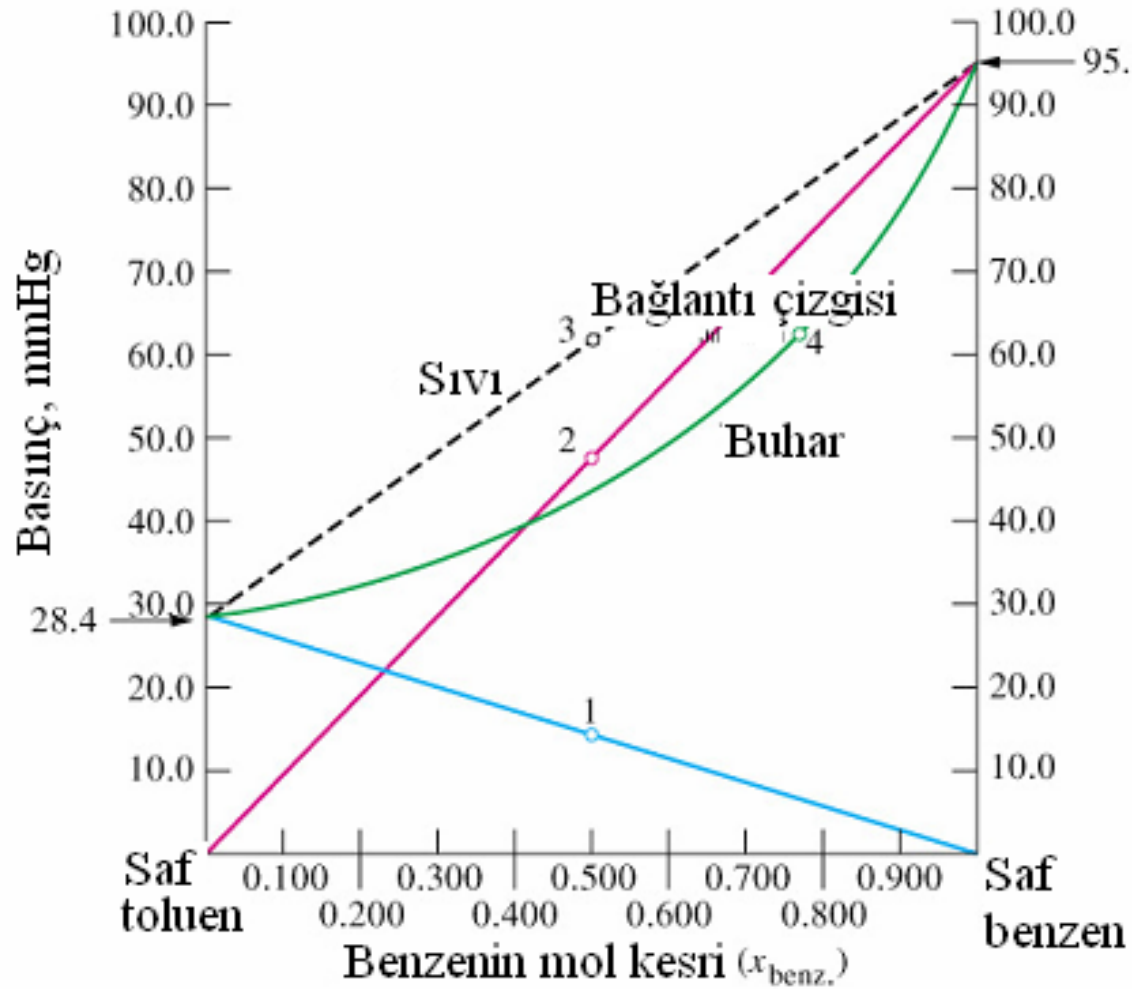
$$P_A = \chi_A P_A^\circ$$

P_A : İdeal bir çözeltide çözücünün buhar basıncı,

P_A° : Verilen bir sıcaklıkta saf çözücünün buhar basıncı,

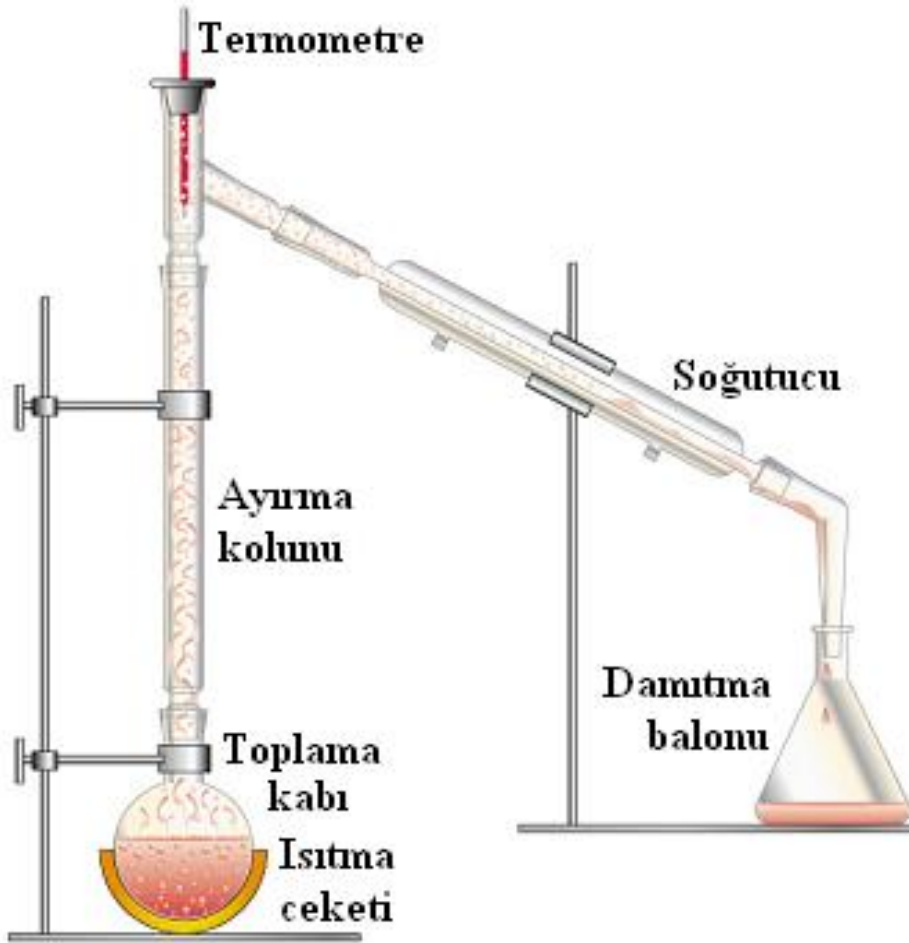
χ_A : Çözücünün çözeltideki mol kesridir.

Sıvı-Buhar Dengesi



- Benzenin buhar basıncı
- Toluenin buhar basıncı
- - - Toplam buhar basıncı (ve sıvı bileşimi)
- Buhar bileşimi

Ayrımsal Damıtma

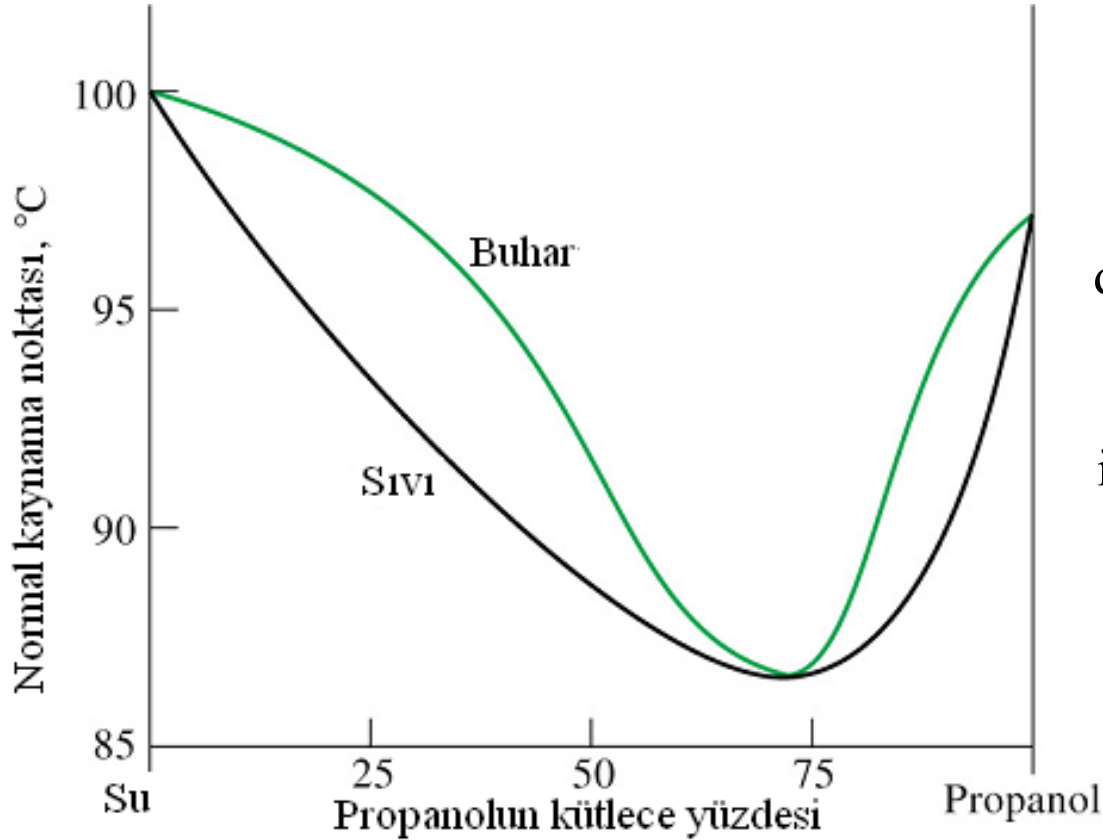


Azeotrop

Azeotrop, sabit bir kaynama noktası bulunan ve sıvı ve buhar fazlarındaki bileşimi aynı olan çözeltilerdir.

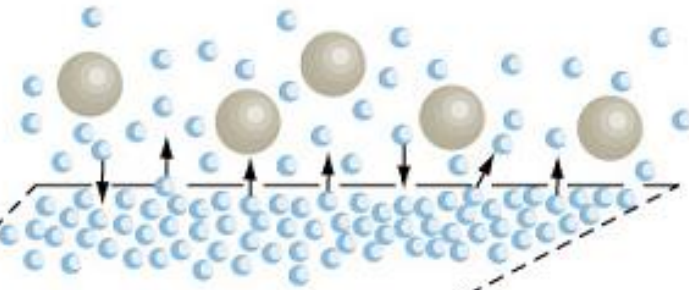
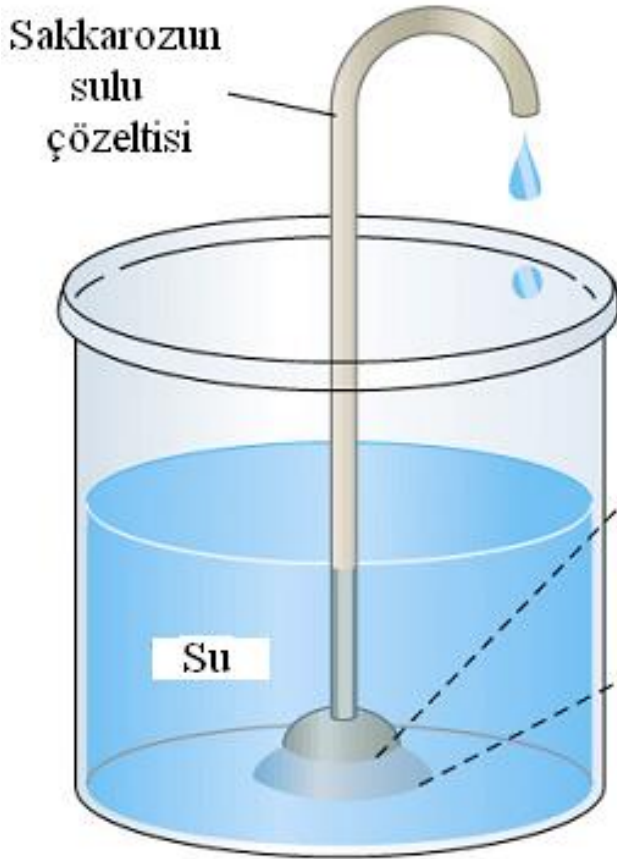
Azeotrop kaynama noktası, bazı durumlarda, çözelti bileşenlerinden daha düşük (minimum kaynama noktası), bazı durumlarda daha büyük (maksimum kaynama noktası) olur.

Minimum Kaynama Noktalı Azeotrop



Propanolün sudaki kütlesi %71,69 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ çözeltisi, bu iki bileşenin diğer bütün çözeltilerinden daha düşük sıcaklıkta kaynar. Kütlece %71,69'dan daha düşük derişiminde alkol içeren bir çözeltinin ayrımsal damıtılması, son ürün olarak bir azeotrop ve su verir. Kütlece %71,69'dan daha fazla alkol içeren çözeltiler ise, ayrımsal damıtma sonunda azeotrop ve alkol verirler. Her durumda, azeotrop bileşimine ulaşılır.

14-7 Osmoz Olayı



❖ Su molekülleri zarın deliklerinden geçer ve huni içinde bir basınca neden olur. Bu basınç çözeltinin seviyesini yükseltir ve üstten akmasını sağlar.

Bir süre sonra, borudaki çözelti seyrelir ve üstten akan çözelti yüzünden, saf su sakkaroz çözeltisine dönüşür. Zar tarafından ayrılan iki çözeltinin bileşimi yaklaşık eşit olduğunda sıvı akışı durur.

Osmotik Basınç

Seyreltik çözeltilerin osmotik basınçlarının hesaplanması:

$$\pi V = nRT \quad \pi: \text{Osmotik Basınç}$$

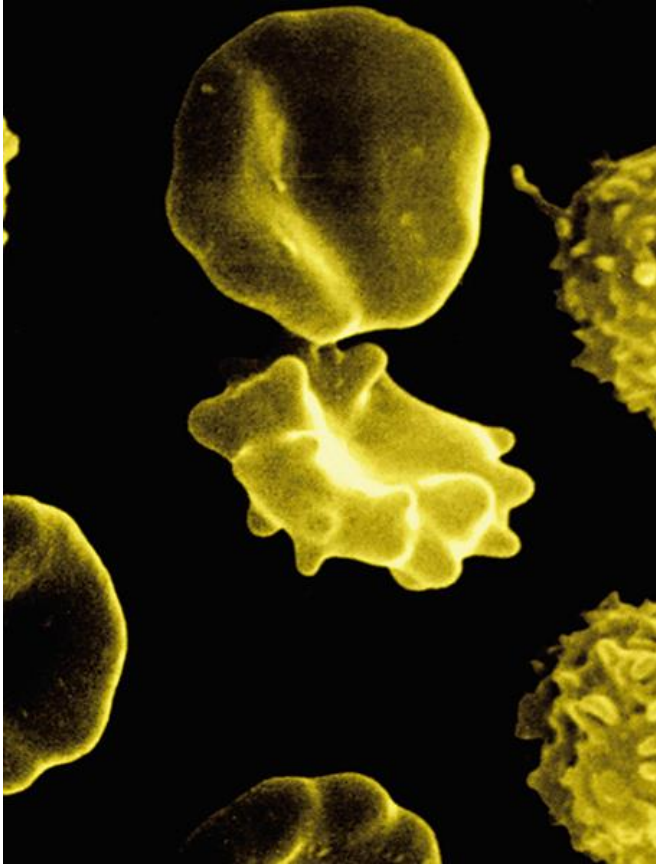
$$\pi = \frac{n}{V} RT = M RT$$

İzotonik, Hipertonik ve Hipotonik Çözeltiler

- Vücut sıvısı ile aynı osmotik basınca sahip bir çözeltiye “*izotonik çözelti*” denir.
- Hücreleri, derişimi %0,92'den fazla olan bir NaCl(aq) çözeltisine koyarsak, su hücre içinden dışa doğru geçer ve hücreler büzülür. Böyle çözeltilere de “*hipertonik çözeltiler*” denir.
- NaCl derişimi %0,92'den az ise su geçişi dışarıdan hücre içine doğru olur ve bu tür çözeltilere “*hipotonik çözeltiler*” denir.

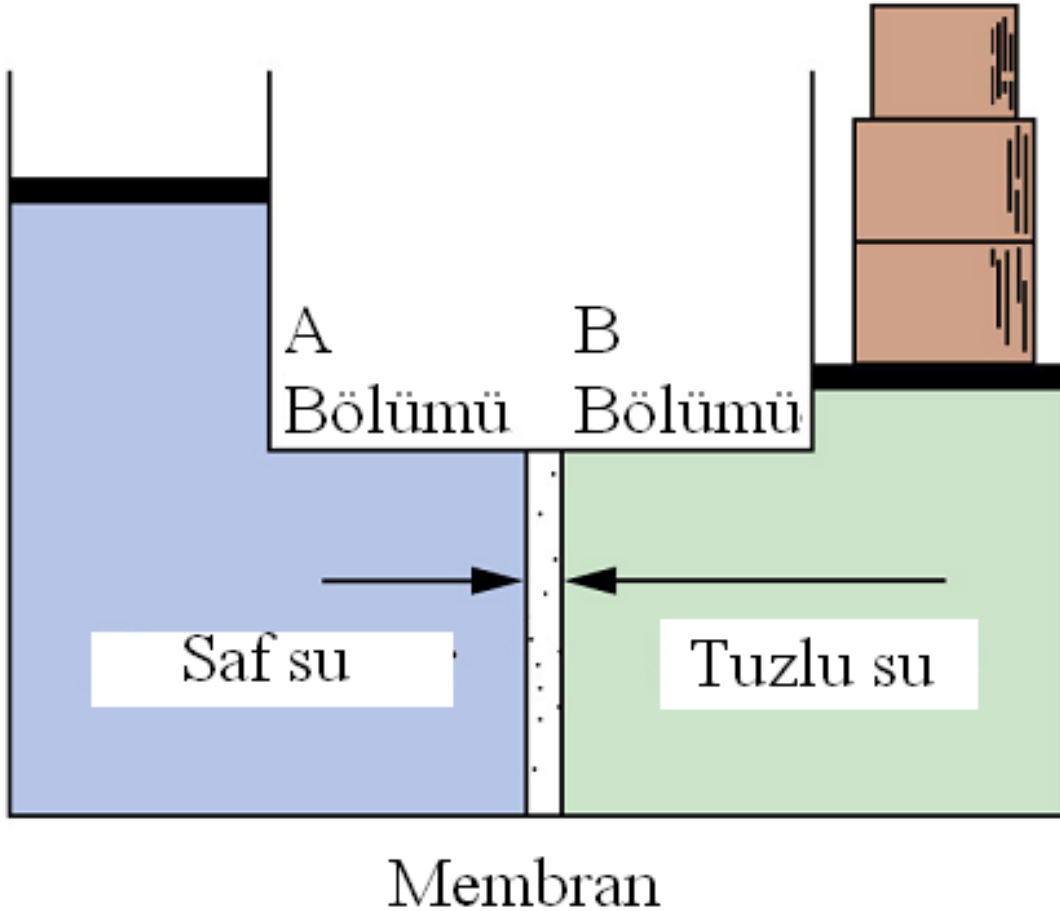
Osmotik Basınç

Normal Bir Kırmızı Kan Hücresi



Hipertonik çözeltide kırmızı
kan hücresi (ortada)

Ters Osmoz – Tuz Giderme



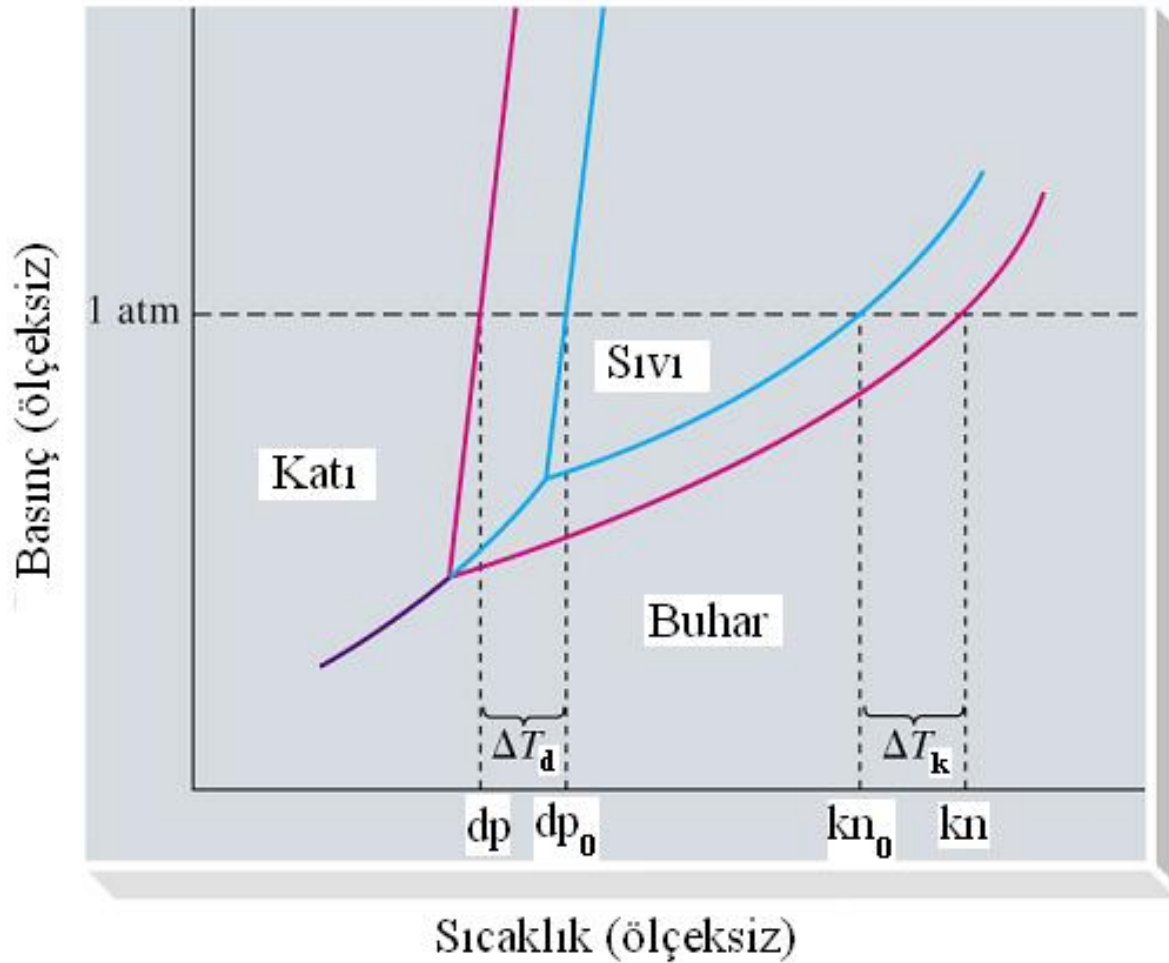
- Eğer B'ye osmotik basınçtan daha fazla bir basınç uygularsak, su moleküllerinin net geçişini ters yöne çevirmiş oluruz. Yani geçiş tuzlu çözeltiden saf suya doğru olur. Bu olaya “ters osmoz” denir.

- **Ters osmoz**, acil durumlarda içme suyu elde etmek için ya da kullanma suyu sağlamak için **tuzlu suyun tuzunu gidermekte** kullanılır.

14-8 Elektrolit Olmayan Çözeltilerde Donma Noktası Alçalması ve Kaynama Noktası Yükselmesi

- Bir çözünen, çözücünün buhar basıncını düşürür.
 - Böylece, kaynama noktası yükselmesi olur.
 - Donma noktası da bundan etkilenir ve azalır.

Buhar Basıncı Düşmesi



$$\Delta T_d = -K_d \times m$$

$$\Delta T_k = K_k \times m$$

Buhar Basıncı Düşmesi

- Üç *mavi* eğri, saf çözücünün buhar basıncı, erime ve süblimleşme eğrileridir.
- Çözeltiden donan katı çözücünün süblimleşme eğrisi *mor* renkle gösterilmiştir.
- Grafik iki ön kabule göre çizilmiştir: Çözünen uçucu değildir, çözeltide donan madde saf çözücüdür. Bir çok karışım bu kabule çok iyi uyar.
- Çözeltinin buhar basıncı eğrisi (*kırmızı*), süblimleşme eğrisini, saf çözücününkinden daha düşük sıcaklıkta keser. Süblimleşme ve buhar basıncı eğrilerinin kesim noktasından başlayan katı-sıvı erime eğrisi de daha düşük sıcaklığa kayar.

14-9 Elektrolit Çözeltiler

- Svante Arrhenius;
 - 1903’de Nobel Ödülünü kazandı.
 - Katı maddelerde iyon bulunur ve bu katı maddeler suda çözündükleri zaman iyonlarına ayrışır.
 - HCl gibi bazı bileşiklerde ise iyon bulunmaz, ancak suda çözündükleri zaman meydana gelirler.
 - Her iki durumda da iyon oluşturmak için elektrik gerekmez.

0,0100 m üre çözeltisi ile 0,0100 m NaCl (aq) çözeltilerinin karşılaştırılması

$$\Delta T_d = -K_d \times m = -1,86^\circ\text{C m}^{-1} \times 0,0100 \text{ m} = -0,0186^\circ\text{C (üre)}$$

NaCl için donma noktası düşmesi: $-0,0361^\circ\text{C}$.

van't Hoff

$$i = \frac{\text{ölçülen } \Delta T_d}{\text{beklenen } \Delta T_d} = \frac{0,0361^\circ\text{C}}{0,0186^\circ\text{C}} = 1,98$$

$$\pi = -i \times M \times RT$$

$$\Delta T_d = -i \times K_d \times m$$

$$\Delta T_k = i \times K_k \times m$$

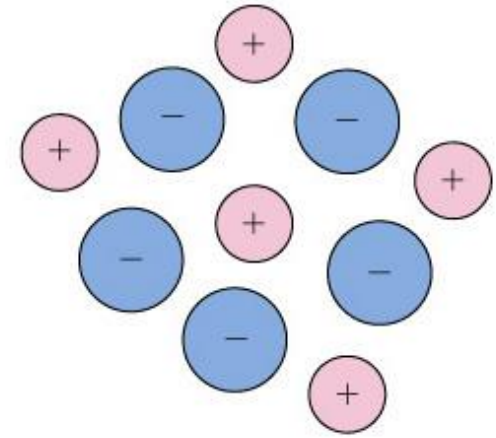
İyonlar Arası Etkileşim

- **Arrhenius**, çözeltilerin elektriksel iletkenliklerini açıklamak için elektrolitik ayrışma kuramını geliştirdi, fakat geniş oranda uygulayamadı.

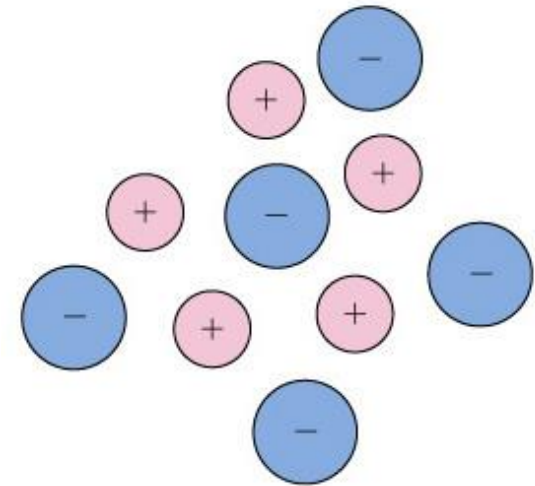
Debye ve Hückel

- 1923

- İyonlar birbirinden bağımsız hareket etmezler.
- Her pozitif iyon, negatif yüklü iyonlardan oluşan bir kıskaçla çevrilir; negatif iyon da aynı şekilde pozitif iyonların oluşturduğu halka ile çevrilir.
- Her iyon kendi yükünün tersi yüklü bir iyon atmosferiyle çevrilir.



(a)



(b)

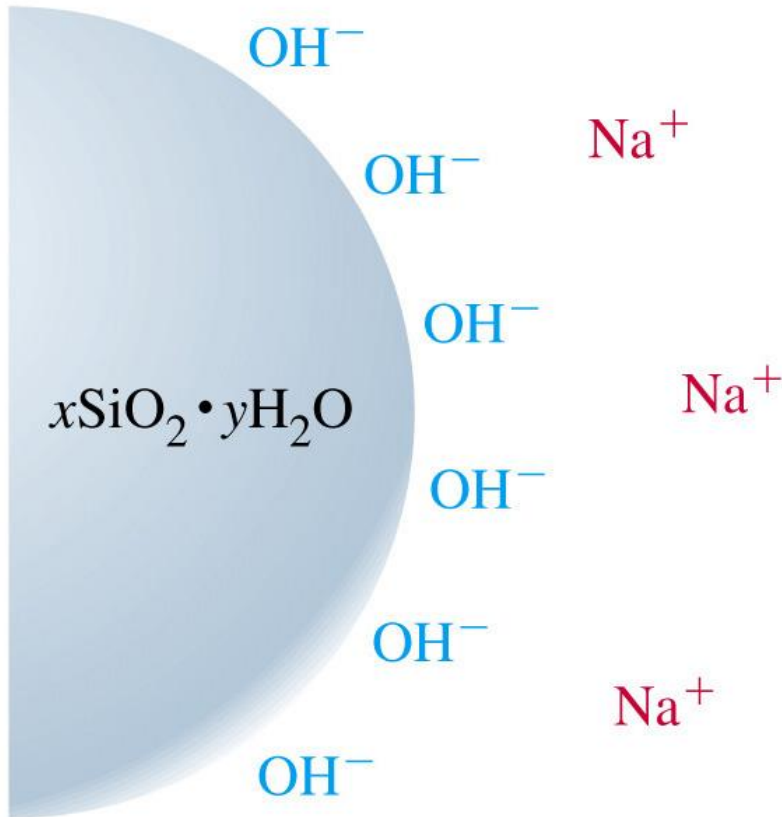
14-10 Kolloit Karışımlar

Tyndal
Etkisi



Parlak ışın demeti gerçek bir çözülden geçerken görülmez (solda), fakat Fe_2O_3 'in kolloidal çözeltisinden geçerken açıkça görülebilir (sağda)

Kolloitler



Tanecikler 1-1000 nm arasında ise:

- **Nanotanecikler** çeşitli şekillerde olabilir: Çubuk, disk, küre.
- Kolloit silika tanecikleri suda asılı kalır (süspanse).
 - Örneğin, süt kolloittir.

İyonik çekimin artması çökmeye sebep olabilir.

▲ ŞEKİL 14-23

Kolloit demir oksidin çökmesi (koagülasyonu)

Soldaki kırmızı kolloidal Fe_2O_3 kaynayan suya $\text{FeCl}_3(\text{aq})$ eklenerek elde edilmiştir. Birkaç damla $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{aq})$ eklendiğinde asılı tanecikler hızla $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{k})$ halinde biraraya gelir ve çöker (sağda).



Sorular ve Cevaplar

ÖRNEK 14-1

Çözelti Derişiminin Değişik Birimlerle Verilmesi. 10,00 mL etil alkol, C_2H_5OH ($d = 0,789 \text{ g/mL}$), suda çözölüyor ve hacmi 100,0 mL'ye tamamlanarak yoğunluğu 0,982 g/mL olan bir etil alkol-su çözeltisi hazırlanıyor (Şekil 14-1). Bu çözeltide etil alkolün (a) hacimce yüzdesi, (b) kütlece yüzdesi, (c) kütle/hacim yüzdesi, (d) mol kesri, (e) mol yüzdesi, (f) molaritesi, (g) molalitesi nedir?

Çözüm

(a) Etanolün hacim yüzdesi

$$\text{etanolün hacim yüzdesi} = \frac{10,00 \text{ mL etanol}}{100,0 \text{ mL çözelti}} \times 100\% = 10,00\%$$

(b) Etanolün kütle yüzdesi

$$\begin{aligned} \text{etanolün kütlesi} &= 10,00 \text{ mL etanol} \times \frac{0,789 \text{ g etanol}}{1,00 \text{ mL etanol}} \\ &= 7,89 \text{ g etanol} \end{aligned}$$

$$\text{çözeltinin kütlesi} = 100,0 \text{ mL çözelti} \times \frac{0,982 \text{ g çözelti}}{1,0 \text{ mL çözelti}} = 98,2 \text{ g çözelti}$$

$$\% \text{ etanol (kütle)} = \frac{7,89 \text{ g etanol}}{98,2 \text{ g çözelti}} \times 100\% = 8,03\%$$

(c) Etanolün kütle/hacim yüzdesi

$$\% \text{ etanol (kütle/hacim)} = \frac{7,89 \text{ g etanol}}{100,0 \text{ mL çözelti}} \times 100\% = 7,89\%$$

(d) Etanolün mol kesri

(b) de bulunan etanolün kütlesini mol e dönüştürsek,

$$\begin{aligned} ? \text{ mol } C_2H_5OH &= 7,89 \text{ g } C_2H_5OH \times \frac{1 \text{ mol } C_2H_5OH}{46,07 \text{ g } C_2H_5OH} \\ &= 0,171 \text{ mol } C_2H_5OH \end{aligned}$$

100,0 mL çözeltide bulunan suyun kütlesini hesaplarsak,

$$98,2 \text{ g çözelti} - 7,89 \text{ g etanol} = 90,3 \text{ g su}$$

Suyun mol olarak kütlesini bulalım.

$$? \text{ mol H}_2\text{O} = 90,3 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18,02 \text{ g H}_2\text{O}} = 5,01 \text{ mol H}_2\text{O}$$

$$x_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = \frac{0,171 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}}{0,171 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH} + 5,01 \text{ g H}_2\text{O}} = \frac{0,171}{5,18} = 0,0330$$

(e) Etanolün mol yüzdesi

$$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH in mol yüzdesi} = x_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} \times 100\% = 0,0330 \times 100\% = 3,30\%$$

(f) Etanolün molaritesi

(d) de bulunan etanol miktarını çözelti hacmine bölersek,
100,0 mL = 0,1000 L.

$$\text{molarite} = \frac{0,171 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}}{0,1000 \text{ L çözelti}} = 1,71 \text{ M C}_2\text{H}_5\text{OH}$$

(g) Etanolün molalitesi

İlk olarak (d) de bulunan suyun kütlesini kg a çeviriniz.

$$? \text{ kg H}_2\text{O} = 90,3 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ kg H}_2\text{O}}{1000 \text{ g H}_2\text{O}} = 0,0903 \text{ kg H}_2\text{O}$$

Bu sonucu (d) de bulunan $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ in miktarı ile birlikte kullanarak molaliteyi bulunuz.

$$\text{molalite} = \frac{0,171 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}}{0,0903 \text{ kg H}_2\text{O}} = 0,189 \text{ m C}_2\text{H}_5\text{OH}$$

İlıştırma A: Hacimce %20,0 etanol çözeltisinin yoğunluğu 0,977 g/mL dir. Örnek 1 deki verileri kullanarak çözeltideki etanolün kütlece yüzdesini hesaplayınız.

İlıştırma B: 11,3 mL CH_3OH ($d = 0,793 \text{ g/mL}$) suda çözülerek, yoğunluğu 0,98 g/mL olan 75,0 mL lik bir çözelti hazırlanıyor. Bu çözeltinin derişimini (a) suyun molaritesi, (b) CH_3OH in molaritesi, (c) CH_3OH in molalitesi cinsinden hesaplayınız.

ÖRNEK 14-2

Molaritenin Mol Kesrine Dönüştürülmesi. Bir laboratuvardaki $\text{NH}_3(\text{aq})$ ün molaritesi 14,8 M ve yoğunluğu 0,8980 g/mL dir. Bu çözeltide x_{NH_3} nedir?

Çözüm

Çözelti hacmi verilmemiştir. Bu bize hesaplamalarımızda sabit hacim alabilme seçeneğini verir. Hesaplamalarda uygun hacim 1 litredir. Amonyak ve suyun 1 litre çözeltideki miktarını mol olarak hesaplarsak,

$$\text{NH}_3 \text{ ün molü} = 1,00 \text{ L} \times \frac{14,8 \text{ mol NH}_3}{1 \text{ L}} = 14,8 \text{ mol NH}_3$$

H_2O nun molünü hesaplamak için aşağıdaki yolu izleyebiliriz.

$$\text{çözeltinin kütlesi} = 1000,0 \text{ mL çözelti} \times \frac{0,8980 \text{ g çözelti}}{1,0 \text{ mL çözelti}} = 898,0 \text{ g çözelti}$$

$$\text{NH}_3 \text{ ün kütlesi} = 14,8 \text{ mol NH}_3 \times \frac{17,03 \text{ g NH}_3}{1 \text{ mol NH}_3} = 252 \text{ g NH}_3$$

$$\text{H}_2\text{O un kütlesi} = 898,0 \text{ g çözelti} - 252 \text{ g NH}_3 = 646 \text{ g H}_2\text{O}$$

$$\text{H}_2\text{O un mol sayısı} = 646 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18,02 \text{ g H}_2\text{O}} = 35,8 \text{ mol H}_2\text{O}$$

$$x_{\text{NH}_3} = \frac{14,8 \text{ mol NH}_3}{14,8 \text{ mol NH}_3 + 35,8 \text{ mol H}_2\text{O}} = 0,292$$

Alıştırma A: Kütlece %16,00 lık gliserin çözeltisinin yoğunluğu 1,037 g/mL dir. Bu çözeltideki gliserinin, $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$, mol kesrini bulunuz.

Alıştırma B: Kütlece %10,00 sakkaroz, $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$, içeren bir sulu çözeltinin yoğunluğu 1,040 g/mL dir. (a) molarite; (b) molalite; (c) $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ün bu çözeltideki mol kesri nedir?

ÖRNEK 14-5

Henry Yasasının Kullanılışı. 0°C de ve 1,00 atm oksijen basıncında O_2 (g) in çözünürlüğü 48,9 mL/L dir. Oksijenin havadaki normal kısmi basıncında (0,2095 atm) sudaki doymuş çözeltisinin molaritesi nedir?

Çözüm

Soruyu iki aşamada yanıtlayalım: (1) 0°C ve 1 atm de O_2 nin doymuş çözeltisinin molaritesini bulalım, (2) Henry yasasına uygulayalım.

0°C ve $P_{\text{O}_2} = 1 \text{ atm}$ de O_2 in molaritesi

$$\text{molarite} = \frac{0,0489 \text{ L O}_2 \times \frac{1 \text{ mol O}_2}{22,4 \text{ L O}_2 (\text{STP})}}{1 \text{ L çözelti}} = 2,18 \times 10^{-3} \text{ M O}_2$$

Henry yasasına göre;

$$k = \frac{C}{P_{\text{gaz}}} = \frac{2,18 \times 10^{-3} \text{ M O}_2}{1,00 \text{ atm}}$$

Buradan,

$$C = k \times P_{\text{gaz}} = \frac{2,18 \times 10^{-3} \text{ M O}_2}{1,00 \text{ atm}} \times 0,2095 \text{ atm} = 4,57 \times 10^{-4} \text{ M O}_2$$

Alıştırma A: Örnek 14-5 deki verileri kullanarak, 0°C de doymuş çözeltisinde O_2 nin kısmi basıncını bulunuz. Çözelti $8,23 \times 10^{-4} \text{ M O}_2$ dir.

Alıştırma B: Karbon monoksidin sudaki çözünürlüğü bir el kitabında 0°C ve 1 atm de 0,0354 mL $\text{CO/mL H}_2\text{O}$ olarak verilmiştir. 0,0100 M CO içeren bir çözeltideki CO(g) basıncı ne olmalıdır?

ÖRNEK 14-6

İdeal Çözeltilerinde Buhar Basınçlarının Bulunması: Saf benzen ve toluenin 25 °C'da buhar basınçları sırayla 95,1 ve 28,4 mmHg'dir. Benzen ve toluenin her ikisinin de mol kesirlerinin 0,500 olduğu bir çözelti hazırlanıyor. Bu çözeltide benzen ve toluenin kısmi basınçları nedir? Toplam buhar basıncı nedir?

Çözüm

Şekil 14-4'e bakarsak benzen-toluen çözeltisi ideal olmalıdır. Raoult yasasını iki çözelti bileşenine de uygularsak,

$$P_{\text{benz}} = x_{\text{benz}} P_{\text{benz}}^{\circ} = 0,500 \times 95,1 \text{ mmHg} = 47,6 \text{ mmHg}$$

$$P_{\text{tol}} = x_{\text{tol}} P_{\text{tol}}^{\circ} = 0,500 \times 28,4 \text{ mmHg} = 14,2 \text{ mmHg}$$

$$P_{\text{toplam}} = P_{\text{benz}} + P_{\text{tol}} = 47,6 \text{ mmHg} + 14,2 \text{ mmHg} = 61,8 \text{ mmHg}$$

Alıştırma A: Saf heksan ve pentanın 25 °C'deki buhar basınçları 149,1 mmHg ve 508,5 mmHg'dir. Heksan-pentan çözeltisinde heksanın mol kesri 0,750 ise çözeltideki heksan ve pentanın buhar basınçları nedir? Toplam buhar basıncı nedir?

Alıştırma B: Eşit kütlelerde benzen, C_6H_6 , ve toluen, C_7H_8 , içeren bir çözeltideki benzen ve toluenin 25 °C'teki kısmi buhar basınçlarını ve çözeltinin toplam buhar basıncını hesaplayınız. Örnek 14-6'da verilen buhar basıncı verilerini kullanınız.

ÖRNEK 14-7

Sıvı Çözeltisi İle Dengede Olan Buhar Bileşiminin Hesaplanması. Örnek 14-6'daki benzen-toluen çözeltisiyle dengede olan buharın bileşimi nedir?

Çözüm

Herbir kısmi basıncın toplam basınca oranı, bileşenlerin buhar fazındaki mol kesirleridir. Bu, (6.17) eşitliğinin diğer bir uygulamasıdır. Buharın mol kesri bileşimi,

$$x_{\text{buhar}} = \frac{P_{\text{benzen}}}{P_{\text{toplam}}} = \frac{47,6 \text{ mmHg}}{61,8 \text{ mmHg}} = 0,770$$

$$x_{\text{toluen}} = \frac{P_{\text{toluen}}}{P_{\text{toplam}}} = \frac{14,2 \text{ mmHg}}{61,8 \text{ mmHg}} = 0,230$$

Alıştırma A: Alıştırma 14-6B'de verilen çözeltide heksan-pentan çözeltisi ile dengede olan buharın bileşimi nedir?

Alıştırma B: Alıştırma 14-6A'da verilen benzen-toluen çözeltisi ile dengede olan buharın bileşimi nedir?

ÖRNEK 14-8

Osmotik Basıncın Hesaplanması. 25°C de 0,0010 M $C_{12}H_{22}O_{11}$ (sakkaroz) çözeltisinin osmotik basıncı nedir?

Çözüm

Verileri hemen (14.4) eşitliğinde yerine koyabiliriz.

$$\pi = \frac{0,0010 \text{ mol} \times 0,08206 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 298 \text{ K}}{1 \text{ L}}$$

$$\pi = 0,024 \text{ atm (18 mmHg)}.$$

Alıştırma A: 125 mL sinde 1,50 g $C_{12}H_{22}O_{11}$ içeren bir sulu çözeltinin 25 °C deki osmotik basıncı nedir?

Alıştırma B: 25 °C da osmotik basıncı 0,015 atm olan 225 mL çözelti hazırlamak için kaç gram üre, $[CO(NH_2)_2]$, gerekir?

ÖRNEK 14-9

Osmotik Basınç Ölçümlerinden Mol Kütlesinin Hesaplanması. 1,08 g kan plazma proteini (insan serum albümini) içeren 50,0 mL sulu çözelti hazırlanmıştır. Çözeltinin osmotik basıncı, 298 K de 5,85 mmHg'dir. Albüminin mol kütlesi nedir?

Çözüm

İlk olarak osmotik basıncı atm'e çevirmeliyiz.

$$\pi = 5,85 \text{ mmHg} \times \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mmHg}} = 7,70 \times 10^{-3} \text{ atm}$$

Şimdi, (14.4) eşitliğini azıcık değiştirerek [yani, (n) yerine eşiti olan (m)/(M) yazarsak] M 'yi hesaplayabiliriz.

$$\pi = \frac{(m/M) RT}{V} \quad \text{ve} \quad M = \frac{mRT}{\pi V}$$

$$M = \frac{1,08 \text{ g} \times 0,08206 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 298 \text{ K}}{7,70 \times 10^{-3} \text{ atm} \times 0,0500 \text{ L}} = 6,86 \times 10^4 \text{ g/mol}$$

Alıştırma A: Kreatin azot metabolizmasının bir yan ürünüdür ve böbrek fonksiyonunu ölçmekte bir gösterge olabilir. 4,04 g'lık bir kreatin örneği suda çözülerek, 100,0 mL çözelti hazırlanmıştır. Çözeltinin 298 K'deki osmotik basıncı 8,73 mmHg'dir. Kreatinin mol kütlesi nedir?

Alıştırma B: 2,12 g insan serumu albümini içeren 75,00 mL'lik bir sulu çözeltinin 37,0 °C'deki osmotik basıncı nedir? Örnek 14-9'da bulunan mol kütlesini kullanınız.

ÖRNEK 14-10

Donma Noktası Verilerinden Molekül Formüllerinin Bulunması. Nikotin, tütün yapraklarından özütlenen bir sıvı olup 60°C in altında, suda her oranda çözünür. (a) $-0,450^\circ\text{C}$ da donan bir sulu çözeltide nikotin molaritesi nedir? (b) Bu çözelti $48,92\text{ g}$ suda $1,921\text{ g}$ nikotin çözünmesi ile hazırlanmışsa, nikotin mol kütlesi (molekül ağırlığı) ne olmalıdır? (c) Yanma analizinde nikotin $\%74,03\text{ C}$, $\%8,70\text{ H}$ ve $\%17,27\text{ N}$ içerdigi bulunmuştur. Nikotin molekül formülü nedir?

Çözüm

- (a) Çizelge 14.2 deki listeden su için K_d değerini ve (14.5) eşitliğini kullanarak nikotin molalitesini bulabiliriz. $T_d = -0,450^\circ\text{C}$ ve $\Delta T_f = -0,450^\circ\text{C} - 0,000^\circ\text{C} = -0,450^\circ\text{C}$ dir.

$$\text{molalite} = \frac{\Delta T_d}{-K_d} = \frac{-0,450^\circ\text{C}}{-1,86^\circ\text{C m}^{-1}} = 0,242\text{ m}$$

- (b) Buradan molalite tanımını kullanabiliriz, fakat çözünenin mol kütlesi g/mol (M) olarak bilinmiyor ve molalite biliniyor. Çözünenin mol olarak miktarı basitçe $1,921\text{ g/M}$ dir.

$$\text{molalite} = \frac{1,921\text{ g M}^{-1}}{0,04892\text{ kg su}} = \frac{0,242\text{ mol}}{\text{kg su}}$$

$$M = \frac{1,921\text{ g}}{(0,04892 \times 0,242)\text{ mol}} = 162\text{ g/mol}$$

- (c) Nikotin kaba formülünü bulmak için Örnek 3-5 deki yöntemi kullanmamız gerekir. (Bu hesabın yapılmasını size bırakıyoruz.) Bulacağımız sonuç $\text{C}_5\text{H}_7\text{N}$ olmalıdır. Bu kaba formüle göre, formül kütlesi 81 akb dir. Deney-sel olarak bulunan molekül kütlesi ise bunun tam iki katıdır. Molekül formülü $\text{C}_5\text{H}_7\text{N}$ in 2 katı ya da $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2$ dir.

Alıştırma A: B_2 vitamini (riboflavin) suda çözünür. $0,833\text{ g}$ riboflavin $18,1\text{ g H}_2\text{O}$ da çözülürse, çözelti $-0,227^\circ\text{C}$ de donar. (a) Çözeltinin molalitesi nedir? (b) Riboflavinin mol kütlesi kaçtır? (c) Eğer bileşimi $54,25\%\text{ C}$, $5,36\%\text{ H}$, $25,51\%\text{ O}$, ve $14,89\%\text{ N}$ ise, riboflavinin molekül formülü nasıldır?

Alıştırma B: Ürenin $0,205\text{ m}$ lik sulu çözeltisinin $100,025^\circ\text{C}$ da kaynadığı bulunmuştur. Ölçüm yapıldığında barometrinin basıncı $760,0\text{ mmHg}$ nın altında mı, yoksa üstünde midir?

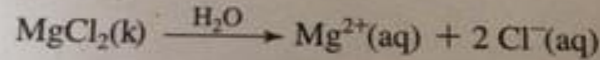
... kaç derecede kaynar?

ÖRNEK 14-11

Elektrolit Çözeltiler İçin Tanecik Özelliklerinin Hesaplanması. 0,00145 m MgCl_2 ün sulu çözeltisinin donma noktasını bulunuz.

Çözüm

Önce MgCl_2 için i değerini bulalım. Bunu MgCl_2 (aq) nin ayrışma eşitliğini yazarak yapabiliriz.



Çözünenin birim molü başına üç mol iyon olduğundan i değerini $i = 3$ kabul ederiz.

Eşitliği kullanarak

$$\begin{aligned}\Delta T_d &= -i \times K_d \times m \\ &= -3 \times 1,86^\circ\text{C } m^{-1} \times 0,00145 m \\ &= -0,0081^\circ\text{C}\end{aligned}$$

buluruz. Donma noktası suyun normal donma noktasının altında olup $-0,0081^\circ\text{C}$ dir.

Aıştırma A: 0,0530 M MgCl_2 çözeltisinin 25°C ta beklenen osmotik basıncı nedir?

Aıştırma B: Erime noktası $-0,100^\circ\text{C}$ olan bir sulu çözelti hazırladığınızı varsayınız. 250,0 mL lik böyle bir çözelti hazırlamak için 12,0 M HCl den kaç mililitre almalısınız?

(İpucu: Seyreltik sulu çözeltilerde molalite ile molarite sayısal olarak birbirine eşittir.)

ÖRNEK 14-3

Çözelti Oluşumunun Moleküller Arası Kuvvetlere Bağımlılığı. Aşağıdaki karışımların birer çözelti olup olmadığını öngörünüz. Eğer çözeltiyse, ideal olup olmadığını belirtiniz. (a) Etil alkol $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ve su (HOH) (b) Heksan, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$ ve oktan, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{CH}_3$, hidrokarbonları (c) Oktil alkol, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{CH}_2\text{OH}$ ve su (HOH).

Çözüm

- (a) Suyu H—OH olarak düşünürsek, etil alkol ile benzerdir (yalnız $\text{CH}_3\text{CH}_2—$ grubu H— atomu ile yer değiştirmiştir). İki molekül de önemli bir moleküller arası kuvvet olan hidrojen bağı oluşturma isteği ile biraraya gelir. Ancak hidrojen bağının uzunluğu benzer ve farklı moleküller arasında farklıdır. *Etil alkol ve suyun ideal olmayan bir çözelti oluşturmasını bekleyebiliriz.*
- (b) Heksanda karbon zinciri uzunluğu altı atom ve oktanda sekiz atomdur. İki molekül de apolardır. Çözetilerinde ve saf sıvıların molekülleri arasında çekim kuvvetleri benzerdir. *İdeale yakın bir çözelti oluşturmalarını bekleriz.*
- (c) İlk bakışta, H—OH ın bir H atomu ile hidrokarbon gruplarının yer değiştirdiği (a) ile benzerlik görebiliriz. Fakat burada karbon zinciri sekiz atomludur. Bu uzun karbon zinciri oktil alkolün fiziksel özelliklerinin belirlenmesinde uçtaki $—\text{OH}$ grubundan daha önemlidir. Bu açıdan bakıldığında oktil alkol ve su *benzer değildir. Burada çözelti oluşumunu bekleyemeyiz.*

ÖRNEK 14-4

Ayrımsal Kristallendirmede Çözünürlük Verilerinden Yararlanılması. 60 °C'de 200 D g suda 95 g NH_4Cl çözülerek bir çözelti hazırlanıyor. (a) çözelti 20 °C'ye kadar soğutulduğunda ne kadar NH_4Cl yeniden kristallenir? (b) NH_4Cl verimini nasıl arttırabilirsiniz?

*Doygun NaOH(aq) ile dengede olan katı, 15°C ve üstünde $\text{NaOH} \cdot \text{H}_2\text{O (k)}$ şeklindedir. Biz bu hidratın çözünürlüğünün sıcaklıkla değişimini gözleyorz.

† Çoğu kez böyle bir durumla karşılaşılırsa da, bazan safsızlıkların bir ya da bir kaç, saflaştırılacak bileşikle katı çözelti verir. Bu durumda, ayrımsal kristallendirme saflaştırma için iyi bir yöntem değildir.

Çözüm

- (a) Şekil 14-8 den NH_4Cl ün 20°C daki çözünürlüğünün $37 \text{ g NH}_4\text{Cl}/100 \text{ g H}_2\text{O}$ olduğunu görüyoruz. 20°C da doymuş çözeltide NH_4Cl miktarı,

$$200,0 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{37 \text{ g NH}_4\text{Cl}}{100 \text{ g H}_2\text{O}} = 74 \text{ g NH}_4\text{Cl}$$

Yeniden kristallenen NH_4Cl miktarı $95 - 74 = 21 \text{ g NH}_4\text{Cl}$ dir.

- (b) (a) daki NH_4Cl verimi biraz düşüktür ($95 \text{ gramın } 21 \text{ gramı yani } \%22 \text{ sidir.}$) Bunu artırabiliriz: (1) 60°C deki çözelti derişik olmasına karşın, doymuş değildir. 60°C de doymuş bir çözelti $55 \text{ g NH}_4\text{Cl} / 100 \text{ g H}_2\text{O}$ içerir. 200 g su ile doymuş çözelti hazırlamak için 95 g yeterli değildir. 20°C de küçük bir miktardaki doymuş çözelti (a) dakinden daha az NH_4Cl içerir ve yeniden kristallendirmede elde edilen NH_4Cl daha fazladır. (2) Çözeltiyi 20°C soğutmak yerine 0°C ye soğutabiliriz. 0°C da NH_4Cl ün çözünürlüğü 20°C dakinden daha azdır ve daha fazla NH_4Cl yeniden kristallenir. (3) Diğer bir olasılık ise 60°C daki bir çözelti ile değil, daha yüksek sıcaklıktan, örneğin, 100°C ye yakın bir sıcaklıktan başlamaktır. Bu durumda, doymuş çözelti için istenen suyun miktarı 60°C dakinden daha azdır.

ALIŞTIRMA A: Yukarıdaki örnekte belirtilen (1) ve (2) numaralı öneriler uygulandığında ne kadar NH_4Cl elde edilir?

(İpucu: Şekil 14-8 deki verileri kullanınız. 60°C de $95 \text{ g NH}_4\text{Cl}$ içeren doymuş bir çözelti hazırlamak için ne kadar su gereklidir?)

ALIŞTIRMA B: Şekil 14-8 den yararlanarak, şu üç potasyum tuzunun çözünürlük eğrilerini inceleyiniz. KClO_4 , K_2SO_4 , ve KNO_3 . Bu tuzların 40°C deki doymuş çözeltileri 20°C ye soğutulduğunda, çöken tuzların yüzdeleri nasıl değişir?