

ÜNİTE 9

Çözeltiler

Amaçlar

Bu üniteyi çalıştıktan sonra,

- Çözelti ve çözelti türlerini tanımlayabilecek,
- Çözünme olgusunu ve çözünürlüğü kavrayacak,
- Elektrolitleri ve çeşitlerini tanımlayabilecek,
- Çözelti derişimini ve derişim birimlerini tanımlayabilecek, derişimle ilgili problemleri çözebilecek,
- Çözeltilerin buhar basıncını tanımlayabilecek,
- Çözeltilerin koligatif özelliklerini açıklayabileceksiniz.

İçindekiler

- Giriş
- Çözelti ve Türleri
- Çözünme Olgusu
- Elektrolitler
- Çözünürlük
- Derişim ve Birimleri
- Çözeltilerin Buhar Basıncı
- Çözeltilerin Koligatif Özellikleri
- Özet
- Değerlendirme Soruları

Öneriler

- Bu üniteyi çalışmaya başlamadan önce, moleküller arası etkileşimleri, polarlık kavramını, mol kavramını gözden geçiriniz.
- Bu üniteyi çalışırken verilen örnekleri dikkatle inceleyiniz ve değerlendirme sorularını çözünüz.

1. GİRİŞ

Çözeltiler kimyasal reaksiyonlar için ideal ortam sağlamaları bakımından çok önemlidirler. Kullanılacağı yere ve amaca göre, çeşitli fiziksel hallerde bulunan maddelerin ve bu değişik hallerin karışımları ile değişik türde çözeltiler hazırlanır. Ancak reaksiyonların pek çoğu sıvı çözeltilerde yürüdüğünden, en çok kullanılan ve kimyacılar için en önemli olanı **sıvı çözeltiler**dir.

2. ÇÖZELTİ VE TÜRLERİ

Çözelti terimini daha önce Ünite 1'de bir karışım türü olarak görmüştünüz. **Çözeltiler, fiziksel özellikleri her yerinde aynı olan homojen karışımlardır.** Bir çözeltilde en az iki bileşen vardır. Çözelti içinde miktarı çok olan bileşene "**çözücü**", miktarı az olan bileşene ise "**çözünen**" denir. Çözücü ve çözünen; **katı, sıvı** veya **gaz** olabilir. Buna göre çeşitli çözeltiler hazırlanabilir.

Çözücü	Çözünen	Örnek Çözelti
Sıvı	Sıvı	Alkollü su (suda alkolün çözünmesi)
Sıvı	Katı	Tuzlu su (suda tuz çözünmesi)
Sıvı	Gaz	Amonyaklı su (suda amonyağın çözünmesi)
Katı	Sıvı	Amalgam (gümüşte civanın çözünmesi)
Katı	Katı	Pirinç (bakırda çinkonun çözünmesi)
Katı	Gaz	Palladyumda hidrojenin çözünmesi
Gaz	Gaz	Azotta oksijenin çözünmesi

Çözücü sıvı ise, çözünenin sıvı, katı, gaz oluşuna göre 3 türlü; çözücü katı ise, çözünenin sıvı, katı, gaz oluşuna göre de 3 türlü çözelti hazırlamak mümkün olabilir. Çözücü gaz olduğunda ise, gazlar içinde sadece gazlar çözüldüğünden tek tür çözelti hazırlanabilir. Katı ve sıvılarla gazlar homojen çözelti oluşturmazlar.

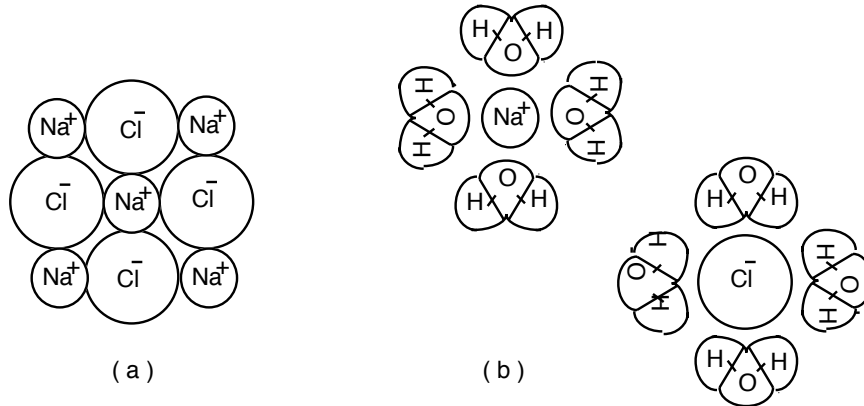
Bütün bunlar arasında en sık kullanılan çözelti türleri **sıvıda katı, sıvıda sıvı, sıvıda gaz** çözeltileridir. Bu tür çözeltiler çözücüsü **su** ise "**sulu çözelti**" adını alırlar. Biz burada **çözelti** terimini genellikle **sulu çözelti** anlamında kullanacağız.

3. ÇÖZÜNME OLGUSU

Çözücü ve **çözünenin** birbiri içinde **homojen** olarak karışması ile **çözünme** olayı gerçekleşir. Çözünme, moleküller arasındaki **çekim** kuvvetine dayanır. Bir çözücünün bir maddeyi çözebilmesi için; çözücü ile çözünen molekülleri arasındaki çekim kuvvetlerinin, çözücü ve çözünenin kendi molekülleri arasındaki çekim kuvvetinden daha büyük olması gerekir. Örneğin şekerin suda çözünmesi; şeker ile su molekülleri arasındaki çekim kuvvetinin, şeker moleküllerinin kendi arasındaki çekim kuvvetinden daha büyük olmasındandır. Şeker, suda iyonlarına ayrılmadan **moleküler** halde çözünür.

Genellikle çözünme olayı, çözücü ile çözünenin benzer yapıda olmaları ile gerçekleşir. Bu durum **benzer benzeri çözer** şeklinde ifade edilebilir. Dolayısıyla **polar** çözücüler **polar maddeleri, polar olmayan** çözücüler de **polar olmayan maddeleri** daha iyi çözer. Örneğin suya göre polaritesi daha az olan kloroform, (CHCl_3), suda çözünmez. Çünkü su molekülleri birbirlerini, kloroform moleküllerine göre daha fazla çekerler. Polar bir bileşik, örneğin **metanol**, su molekülleri tarafından çekilerek suda çözünür. Buna karşın **benzen** gibi polar olmayan çoğu **organik bileşikler suda çözünmezler**. Çünkü sıvı haldeki su molekülleri polar yapıları nedeni ile birbirlerini bir ağ oluştururcasına çekerler. Polar olmayan benzen ise sıvı haldeki suyun bu yapısını bozamaz ve dolayısıyla çözünme gerçekleşemez.

İyonik bileşikler, polar sıvılarda çok iyi çözünürler. Çünkü polar çözücü molekülleri, bileşikteki zıt yüklü iyonları iyon-dipol çekim kuvvetleri ile çekerek iyonun etrafını çözücü molekülleri ile sararlar. Bu tür iyonlara "**solvatize iyonlar**" denir. Solvatize iyonlar sıvı faza geçerek çözünme olayını sağlarlar. Çözücü olarak su kullanılırsa, çözücü ile sarılmış iyonlara "**hidratize iyonlar**" denir. Örneğin iyonik bir bileşik olan sodyum klorürün suda çözünmesini düşünelim. Bildiğiniz gibi sodyum klorürde, **artı yüklü sodyum** iyonları ile **eksi yüklü klorür** iyonları vardır (Şekil 9.1.a).



Şekil 9.1 İyonik Yapıdaki Katı NaCl (a), Hidratize Olmuş Na^+ ve Cl^- İyonları (b).

Sodyum klorürdeki, sodyum ve klorür iyonlarını ayırmak üzere, **su molekülleri**; kısmi **negatif** uçları ile **artı yüklü sodyum iyonlarının** etrafını, kısmi **pozitif** uçları ile de **eksi yüklü klorür** iyonlarının etrafını **sararlar** (Şekil 9.1.b). Böylece **Na⁺** ve **Cl⁻** iyonlarının etrafı su molekülleri ile **sarılarak** sıvı faza geçerler ve **çözünme olayı** gerçekleşir.

4. ELEKTROLİTLER

Çözünme olayı ile çözeltilde **yüklü iyonik parçacıklar** veya **yüksüz moleküler parçacıklar** oluşabilir. Örneğin sodyum klorür, sulu çözelti içinde iyonlarına (Na⁺ ve Cl⁻) ayrılmış olarak yer almakta idi. Ancak her madde bu şekilde iyonlarına ayrılarak çözünmez. Bazı maddeler suda iyonlarına ayrılmadan, moleküler yapısını koruyarak çözünebilir. Örneğin aseton, CH₃COCH₃, suda,



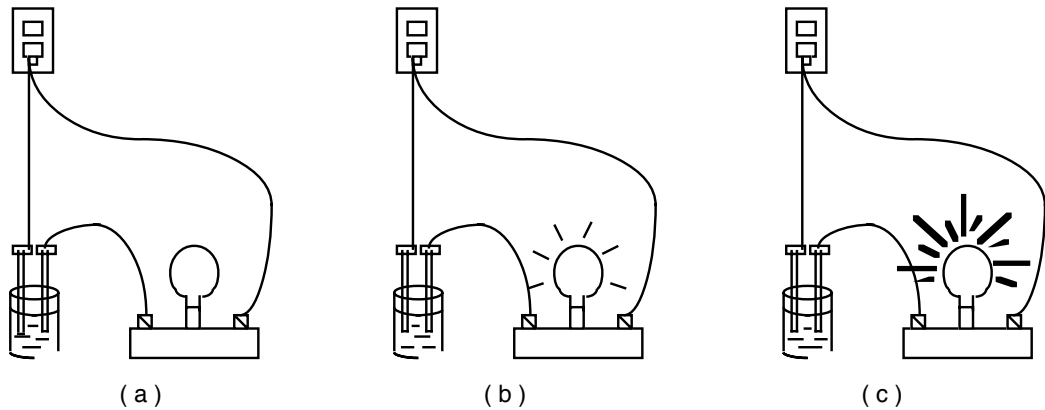
yüklü parçacıklara ayrılmaz. Bu şekilde çözeltilinde yüklü parçacıklar bulunmayan bir çözeltilin elektriği iletmesi beklenemez. Şekil 9.2 (a)da görüldüğü gibi elektrik lambasının yanmaması bunu kanıtlar. Bu tür elektriği iletmeyen çözeltiler oluşturan çözünen maddeler "**elektrolit olmayanlar**" olarak adlandırılırlar.

Çözünen madde, sodyum klorür gibi iyonik bir bileşik ise suda artı ve eksi



yüklü iyonik parçacıklar oluştururlar. Bu şekilde çözeltilde (+) ve (-) yüklü parçacıklar oluşturarak çözeltilinin elektriği iletmesini sağlayan maddeler "**elektrolitler**" olarak adlandırılırlar.

Elektrolitler, çözeltilde oluşturdukları yüklü iyonik parçacıkların sayısına bağlı olarak "**kuvvetli**" veya "**zayıf elektrolit**" olarak sınıflandırılabilirler.

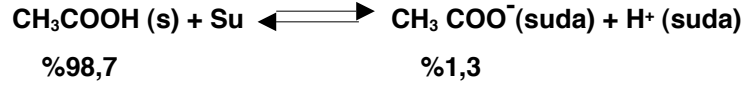


Şekil 9.2 Elektrolit Olmayan (a), Zayıf Elektrolit (b), Kuvvetli Elektrolit (c) Çözeltilerde, Elektriğin İletilmesi.

Kuvvetli bir elektrolit, çözücü içerisinde çözünerek tamamen iyonlarına ayrışır. Örneğin hidroklorik asit suda çözüldüğünde,



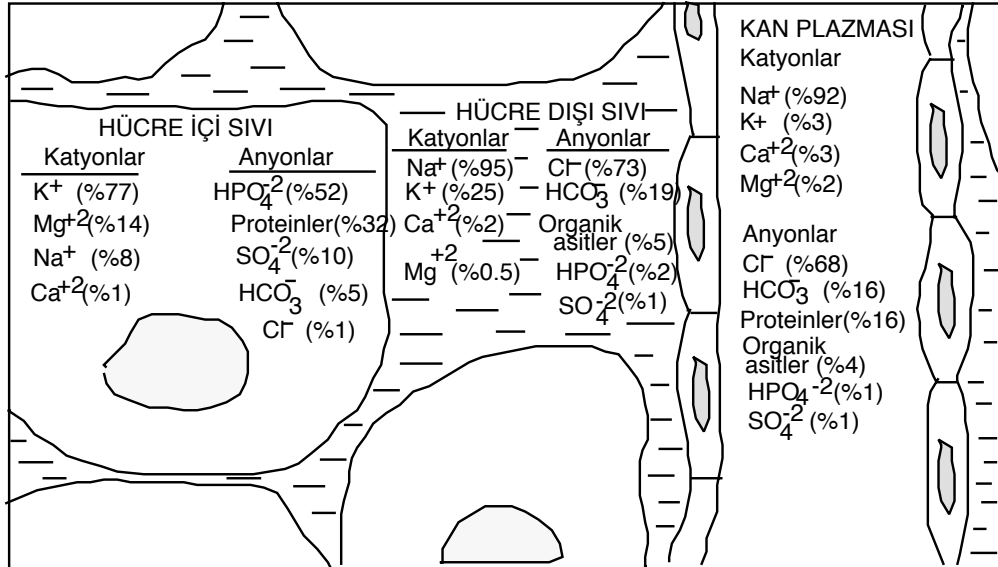
tamamen iyonlarına ayrışır ve çözeltisi elektriği iyi iletir. Bu durum Şekil 9.2.c'de görüldüğü gibi elektrik lambasının kuvvetlice yanması ile gözlenebilir. **Zayıf bir elektrolit** ise çözeltide kısmen iyonlarına ayrışır. Örneğin asetik asit, CH_3COOH , moleküllerinin büyük bir kısmı (%98,7) iyonlarına ayrışmadan çözeltide kalabilir. Bu durum aşağıdaki gibi gösterilebilir.



Asetik asit gibi suda çözünerek az miktarda (%1,3) iyonlar verebilen **zayıf elektrolitler elektriği pek iyi iletmezler**. Kuvvetli elektrolitlere göre zayıf elektrolitlerin elektriği daha az iletmeleri, Şekil 9.2.b'de elektrik lambasının daha az ışık vermesi şeklinde görülebilir.

Kuvvetli elektrolitlere; HNO_3 , HCl , NaOH , KOH , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaCl gibi maddeler, zayıf elektrolitlere ise; H_2CO_3 , H_3PO_4 , H_2S , CH_3COOH , HgCl_2 , HCN , NH_3 gibi maddeler örnek olarak verilebilir.

Elektrolitlerin vücudumuzda çok önemli düzenleyici rolleri vardır ve ayrıca asit-baz dengesini sağlamaktan sorumludurlar.



Şekil 9.3 Vücut Sıvılarında Bulunan Temel Elektrolitler.

Vücut sıvılarında bulunan katyonlar (Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2}) anyonlar (Cl^- , HCO_3^- , HPO_4^{-2} , SO_4^{-2}) ve bazı organik asitler ile proteinler bu sıvıların birer elektrolit çözelti olmalarını sağlarlar. **Şekil 9.3**'de vücut sıvılarında bulunan temel elektrolitler görülmektedir.

5. ÇÖZÜNÜRLÜK

Maddeler değişik ortamlarda farklı miktarlarda çözünür. Bu durumu ifade etmek üzere çözünürlük kavramı kullanılır.

Herhangi bir sıcaklıkta, belirli bir hacimdeki çözücü içerisinde, belirli miktar madde çözünür. Ancak verilen belli bir miktar çözücüde çözünen madde miktarı için limit bir değer vardır. Bu limite gelmiş çözeltilere daha fazla çözünen eklenirse, maddenin fazlası çözünmeden kalacaktır. Böyle çözeltilere "**doymuş çözeltiler**" denir. Doymuş çözeltide çözünen madde miktarına da o maddenin o çözücüdeki "**çözünürlüğü**" denir.

Çözünürlük genellikle **100 mL** (100 cm^3) veya **100 g** çözücüde çözünebilen maddenin gram cinsinden ağırlığı olarak verilir. Örneğin, NaCl'ün sudaki çözünürlüğü 20°C da $36 \text{ g}/100 \text{ mL}$ 'dir. Bu ifadeden NaCl'ün verilen şartlarda 100 mL suda 36 g'dan daha fazla çözünmeyeceği anlaşılır. **Doymuş** hale gelmiş bu çözeltilere daha **fazla NaCl ilave** edildiği takdirde, ilave edilen NaCl çözeltide çözünmeden **katı halde kalacaktır**. Böyle bir çözeltide, katı madde ile o maddenin doymuş çözeltisi temas halindedir ve aralarında bir **dinamik denge** söz konusudur. Bu denge çözünen moleküllerin hızının, çökelen moleküllerin hızına eşit olmasıyla sağlanır. Doymuş bir çözelti için verilen çözünürlük değerinden daha az miktarda madde bulduran çözeltilere ise "**doymamış çözeltiler**" denir.

Çözünürlük belirtilirken, **sıcaklığın** ve **çözünmenin yer aldığı ortamın diğer şartlarının** tanımlanması gerekir. Çoğunlukla çözeltiler normal atmosfer basıncında hazırlandığından, gazlar dışındaki maddelerin çözünürlükleri basınçtan söz etmeden verilir. Çünkü basınç değişimi, katıların sıvılardaki veya sıvıların sıvılardaki çözünürlüğünü etkilemez, fakat gazların sıvılardaki çözünürlüğünü etkiler ve **gazların çözünürlükleri basıncın artması ile artar**. (Ünite 6'ya bakınız).

Katı ve sıvıların su içindeki **çözünürlükleri** genellikle **sıcaklık** ile **artar**, **gazların** çözünürlükleri ise **sıcaklıkla azalır**. Bu nedenle, çözünürlük ifade edilirken mutlaka hangi sıcaklıkta olduğunu belirtmek gerekir. Ayrıca gazların çözünürlüklerinde, basıncın etkisi büyük olduğundan basıncın da belirtilmesi gerekir.

Maddelerin çözünürlüğü, çözücü ve çözünen maddelerin türüne göre değişir. Maddelerin çözünürlüğünü fiziksel ve kimyasal özellikleri etkiler. Bu özellikler polarlık, moleküller arası çekim kuvvetleri gibi özelliklerdir. Ancak burada bu özellikler üzerinde durulmayacaktır.

6. DERİŞİM VE BİRİMLERİ

Belirli bir miktar çözeltili veya çözücü içerisinde çözünen madde miktarına derişim denir. Derişimi düşük olan çözeltiler seyreltik çözeltili, derişimi yüksek olan çözeltiler ise derişik çözeltili olarak bilinir. Ancak bir çözeltilide çözünen madde miktarının bilinmesi gerekir.



Bir çözeltilide çözünen madde miktarını nasıl ifade ederiz?

Bir çözeltilide çözünen madde miktarı, kütle, hacim, mol terimlerini içeren çeşitli derişim birimleri ile belirtilir. En çok kullanılan derişim birimleri, **yüzde derişim, mol kesri, molarite, normalite, molalite, ppm ve ppb**'dir. Şimdi bu birimleri görelim.

6.1. Yüzde Derişim

Bu derişim birimi değişik anlamlarda kullanıldığından; ağırlık, hacim veya ağırlık-hacim gibi terimlerle açıkça belirtilmesi gerekir.

- **Ağırlık esasına göre verilen yüzde çözeltiler:** 100 Ağırlık birimi çözeltilide kaç ağırlık birimi çözünen olduğunu gösterir. Aşağıdaki eşitlik ile

$$\text{Ağırlık yüzdesi} = \frac{\text{Çözünenin ağırlığı}}{\text{Çözeltinin ağırlığı}} \times 100$$

şeklinde ifade edilebilir. Örneğin **%20'lik** NaCl çözeltilisi demek **100** ağırlık birimi **çözeltilide** (g, kg, mg, ton vb. olabilir) **20** ağırlık birimi **NaCl** var demektir. Böyle bir çözeltili **20 g NaCl**'in **80 g saf suda** çözünmesiyle hazırlanabilir.

- **Hacim esasına göre verilen yüzde çözeltiler:** 100 Hacim birimi (mL, L, m³, vb. olabilir) çözeltilide kaç hacim birimi çözünen olduğunu gösterir. Aşağıdaki eşitlik ile

$$\text{Hacim yüzdesi} = \frac{\text{çözünenin hacmi}}{\text{çözeltinin hacmi}} \times 100$$

şeklinde ifade edilebilir.

Örneğin 30 mL hacmindeki bir maddeyi, uygun bir çözücüde çözerek çözelti hacminin tam 100 mL'ye tamamlanmasıyla %30'luk bir çözelti hazırlanmış olur.

- **Ağırlık-hacim esasına göre verilen yüzde çözeltiler:** 100 Hacim birimi çözeltilerde kaç ağırlık birimi çözünen olduğunu gösterir. Aşağıdaki eşitlik ile

$$\text{Ağırlık-hacim yüzdesi} = \frac{\text{çözünenin ağırlığı}}{\text{çözeltinin hacmi}} \times 100$$

şeklinde ifade edilebilir.

Katı maddenin sudaki çözeltileri için bu derişim ifadesi kullanılır. Örneğin %10'luk bir NaCl çözeltisi demek, 100 mL çözeltide 10 gram NaCl var demektir.

6.2. Mol Kesri

Çözeltideki bir bileşenin mol sayısının, toplam mol sayısına oranı, o bileşenin mol kesri olarak tanımlanır ve X ile gösterilir.

Örneğin A,B,C ... bileşenlerinden oluşan bir çözeltideki

$$\text{A bileşeni için mol kesri, } X_A = \frac{n_A}{n_A + n_B + n_C + \dots}$$

$$\text{B bileşeni için mol kesri; } X_B = \frac{n_B}{n_A + n_B + n_C + \dots}$$

şeklinde yazılır. Çözeltideki bileşenlerin mol kesirleri toplamı birdir ve

$$X_A + X_B + X_C + \dots = 1 \text{ olarak ifade edilebilir.}$$

Örnek 9.1 2,8 g azot ve 0,8 g oksijen içeren bir gaz karışımındaki azot ve oksijenin mol kesrini hesaplayınız.

Çözüm 9.1

Bilinmeyen	Verilen	Bağıntı
X_{N_2}	2,8 g N_2	$X_{N_2} = \frac{n_{N_2}}{n_{N_2} + n_{O_2}}, \quad X_{O_2} = \frac{n_{O_2}}{n_{N_2} + n_{O_2}}$
X_{O_2}	0,8 g O_2	$\frac{28 \text{ g } N_2}{1 \text{ mol } N_2}, \quad \frac{32 \text{ g } O_2}{1 \text{ mol } O_2}$

$$n_{N_2} = \frac{2,8 \text{ g } N_2}{28 \text{ g mol}^{-1} N_2} = 0,1 \text{ mol } N_2, \quad n_{O_2} = \frac{0,8 \text{ g } O_2}{32 \text{ g mol}^{-1} O_2} = 0,025 \text{ mol } O_2$$

$$X_{N_2} = \frac{0,1}{0,1+0,025} = 0,8 \quad X_{O_2} = \frac{0,025}{0,1+0,025} = 0,2$$

şeklinde hesaplanır. $X_{N_2} + X_{O_2} = 1$ olduğundan

$X_{O_2} = 1 - 0,8 = 0,20$ şeklinde de hesaplanabilir.

6.3. Molarite

Molarite, bir litre (1000 cm³) çözeltilde çözünenin mol sayısıdır. Molarite M; çözünenin mol sayısı n ve çözeltilerin hacmi V, olmak üzere

$$M = \frac{\text{Çözünenin mol sayısı}}{\text{Çözeltilerin hacmi}} = \frac{n}{V \text{ (L)}}$$

şeklinde ifade edilir. Örneğin, **1,00 M** (veya **1,00 molar**) sodyum klorür çözeltilisi demek, bir litre çözeltilde **1 mol** yani **58,44 g NaCl** bulunuyor demektir. Söz konusu NaCl çözeltilisinin derişimi, **1 M, mol/L** veya **1 molar** terimlerinden herhangi biri ile ifade edilir.

Örnek 9.2 36,9 gram sukroz C₁₂H₂₂O₁₁, yeteri kadar suda çözülmüş ve çözeltilerin hacmi 0,473 litre olacak şekilde su ile tamamlanmıştır. Sukrozun bu çözeltildeki molaritesini hesaplayınız.

Çözüm 9.2	Bilinmeyen	Verilen	Bağıntı
	Molarite	36,9 g sukroz 0,473 L çözeltili	$M = \frac{n}{V \text{ (L)}}$ $\frac{1 \text{ mol sukroz}}{342,3 \text{ g sukroz}} \text{ veya } \frac{342,3 \text{ g sukroz}}{1 \text{ mol sukroz}}$

$$\text{Molarite} = \frac{36,9 \text{ g sukroz}}{0,473 \text{ L çözeltili}} \times \frac{1 \text{ mol sukroz}}{342,3 \text{ g sukroz}} = \frac{0,228 \text{ mol sukroz}}{\text{L çözeltili}} = 0,228 \text{ M}$$

6.4. Normalite

Normalite bir litre (1000 cm³) çözeltilde çözünenin ekivalen (veya eşdeğer) ağırlık sayısıdır. Normalite, "N"; çözünenin ekivalen ağırlık sayısı "ek" ve çözeltilin hacmi "V", olmak üzere

$$N = \frac{\text{Çözünenin ekivalen ağırlık sayısı}}{\text{Çözeltilin hacmi}} = \frac{\text{ek}}{V \text{ (L)}}$$

şeklinde ifade edilebilir. **Ekivalen ağırlık sayısı**; çözünenin ağırlığının **ekivalen ağırlığına** bölünmesiyle bulunur. Ekivalen ağırlık ise maddenin gireceği reaksiyondaki işlevine göre değişir. Şimdi bu durumu kısaca örneklerle açıklamaya çalışalım.

■ **Nötralleşme reaksiyonlarında**; ekivalen ağırlık, formül ağırlığının

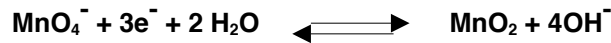
- asitlerde aktarılan **H⁺** iyonu sayısına
- bazlarda aktarılan **OH⁻** iyonu sayısına

bölünmesiyle bulunur.

Örneğin, HCl, HNO₃, CH₃COOH gibi **tek H⁺** iyonu içeren **asitlerle** NaOH, KOH gibi **tek OH⁻** iyonu içeren **bazlarda**, **ekivalen ağırlık formül ağırlığına eşittir.**

■ **Yükseltgenme indirgenme reaksiyonlarında** ise ekivalen ağırlık, **formül ağırlığının**

- reaksiyonda **aktarılan** elektron sayısına **bölünmesiyle** bulunur. Örneğin,



reaksiyonunda MnO₄⁻ içindeki manganın değerliği +7'den, MnO₂ içinde +4'e indirgendiği için **aktarılan elektron sayısı 3'tür.** Bu reaksiyona göre MnO₄⁻'in ekivalen ağırlığı, formül ağırlığının üçe bölünmesiyle bulunur.

■ **Tuz oluşturan reaksiyonlarda** ekivalen ağırlık, formül ağırlığının

- tuzun bir cins iyonunun toplam yük sayısına bölünmesiyle bulunur. Örneğin NaCl, AgNO₃ gibi tuzlarda **ekivalen ağırlık formül ağırlığına eşittir.** BaCl₂, MgSO₄ gibi tuzlarda ise, **ekivalen ağırlık formül ağırlığının yarısına eşittir.**

Örnek 9.3 0,1 litre çözeltide 4,9 g H₂SO₄ bulunuyorsa bu çözeltinin **normalitesini** ve **molaritesini** hesaplayınız.

Çözüm 9.3

Bilinmeyen	Verilen	Bağıntı
Normalite	4,9 g H ₂ SO ₄	$N = \frac{ek}{V(L)}, \quad M = \frac{n}{V(L)}$ $\frac{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4}{98 \text{ g H}_2\text{SO}_4} \text{ veya } \frac{98 \text{ g H}_2\text{SO}_4}{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4}$ $\text{Ekivalen ağırlık} = \frac{98 \text{ g mol}^{-1}}{2 \text{ ek mol}^{-1}}$ $\text{Ekivalen ağırlık sayısı} = ek = \frac{\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ 'ün ağırlığı}}{\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ 'ün ekivalen ağırlığı}}$ $\text{Mol sayısı} = \frac{\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ 'ün ağırlığı}}{\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ 'ün formül ağırlığı}}$
Molarite	0,1 L çözelti	

$$\text{Normalite} = \frac{\frac{4,9 \text{ g H}_2\text{SO}_4}{98 \text{ g ek}^{-1} \text{H}_2\text{SO}_4}}{0,1 \text{ L çözelti}} = \frac{0,1 \text{ ek}}{0,1 \text{ L}} = 1 \text{ N}$$

$$\text{Molarite} = \frac{\frac{4,9 \text{ g H}_2\text{SO}_4}{98 \text{ g mol}^{-1} \text{H}_2\text{SO}_4}}{0,1 \text{ L çözelti}} = \frac{0,05 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}} = 0,5 \text{ M}$$

Görüldüğü gibi yapısında iki hidrojen içeren sülfirik asitin (H₂SO₄) normalitesi, molaritesinin 2 katıdır.

Normalite ile molarite arasında,

$$N = aM$$

bağıntısı yazılabilir. Burada a, "**tesir değeri**" olup ekivalen ağırlık bulunurken formül ağırlığını böldüğümüz sayıya eşittir. Çözüm 9.3'de H₂SO₄'ün tesir değeri 2, molarite 0,5 olduğuna göre

$$N = 2 \cdot (0,5) = 1 \quad \text{yazılabilir.}$$

Örnek 9.4 3,0 g CuSO₄'in 250 mL çözeltideki molaritesi ve normalitesi nedir?

Çözüm 9.4

Bilinmeyen	Verilen	Bağıntı
Molarite	3,0 g CuSO ₄	$M = \frac{n}{V (L)}$, $N = \frac{ek}{V (L)}$
Normalite	250 mL (0,25 L) çözelti	$\frac{159,60 \text{ g Cu SO}_4}{1 \text{ mol CuSO}_4}$ $n = \frac{\text{CuSO}_4 \text{'in ağırlığı}}{\text{CuSO}_4 \text{'in formül ağırlığı}}$ $\text{Ekivalen ağırlık} = \frac{159,60 \text{ g mol}^{-1}}{2 \text{ ek mol}^{-1}}$ $\text{Ekivalen ağırlık sayısı} = ek = \frac{\text{CuSO}_4 \text{'in ağırlığı}}{\text{CuSO}_4 \text{'in ekivalen ağırlığı}}$

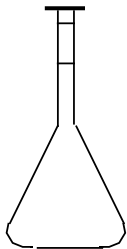
$$\text{Molarite} = \frac{\frac{3,0 \text{ g CuSO}_4}{159,60 \text{ g mol}^{-1} \text{ CuSO}_4}}{0,250 \text{ L çözelti}} = \frac{0,019 \text{ mol}}{0,250 \text{ L}} = 0,076 \text{ M}$$

$$\text{Normalite} = \frac{\frac{3 \text{ g CuSO}_4}{159,60 \text{ g ek}^{-1} \text{ CuSO}_4}}{0,250 \text{ L çözelti}} = \frac{0,038 \text{ ek}}{0,250 \text{ L}} = 0,152 \text{ N}$$

Görüldüğü gibi $N = 2 \times M$

$$N = 2 \times 0,076 = 0,152 \text{ dir.}$$

6.5. Çözeltilerin Seyreltilmesi



Balon joje

Çözeltiler genellikle derişimi bilinen **stok** çözeltilerinden hazırlanır. Bunun için stok çözeltilerden hesaplanarak alınan çözelti, istenen hacme göre seçilmiş balon jojeye alınır ve üzerine hacmi belirten çizgiye kadar çözücü eklenir. Bu şekilde başlangıçtaki derişimden daha seyreltik çözelti hazırlanmış olur.

Seyreltme hesapları, stok çözümden alınan çözünen mol sayısı ile seyreltik çözümden alınan çözünenin mol sayısının aynı olması esasına dayanır ve

$$(stok\ derişimi) (stok\ hacmi) = (istenen\ derişim) (istenen\ hacim)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada eşitliğin her iki tarafında derişim ve hacim birimlerinin aynı olmasına dikkat edilmelidir. Çoğu derişimler molarite ve normalite ile ifade edildiğinden kısaca

$$M_1 V_1 = M_2 V_2 \quad veya \quad N_1 V_1 = N_2 V_2$$

şeklinde yazılabilir. N_1 , M_1 , V_1 normalite, molarite ve hacmin ilk değerleri, N_2 , M_2 , V_2 ise normalite, molarite ve hacmin son değerleridir.

Örnek 9.5 12 M stok HCl çözümden, 2,00 L 0,50 M HCl çözümü hazırlamak için kaç mL almak gerekir?

Çözüm 9.5	Bilinmeyen	Verilen	Bağıntı
	V_1	$M_1 = 12\ M$ $M_2 = 0,50\ M$ $V_2 = 2,00\ L$	$M_1 V_1 = M_2 V_2$

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$(12\ M) V_1 = (0,50\ M) (2,00\ L)$$

$$V_1 = 0,0833\ L = 83,3\ mL$$

olarak bulunur. Buna göre **83,3 mL 12 M** stok HCl çözümden alınıp **2,00 L**'ye tamamlanır- sa **0,50 M'lık** çözümü hazırlanmış olur.

6.6. Molalite

Molalite, 1 kg (veya 1000 g) **çözücüde** (çözümde değil) **çözünenin mol sayısıdır**. Molalite veya molal derişim, "m" ile gösterilir ve

$$Molalite = \frac{\text{Çözünenin mol sayısı}}{\text{Çözücünün miktarı (kg)}}$$

şeklinde ifade edilebilir. Örneğin 5,00 molal NaCl çözümü demek, 1 kg suda 5,00 mol NaCl bulunuyor demektir.

Örnek 9.6 Bir antifriz çözeltisi 40 g etilen glikolün ($C_2H_6O_2$) 60 g su ile karıştırılmasıyla hazırlanır. Bu çözeltinin molalitesini hesaplayınız.

Çözüm 9.6

Bilinmeyen	Verilen	Bağıntı
Molalite	40 g $C_2H_6O_2$ 60 g H_2O	Molalite = $\frac{\text{Çözünenin mol sayısı}}{\text{Çözücünün kg miktarı}}$ $\frac{62,1 \text{ g } C_2H_6O_2}{1 \text{ mol } C_2H_6O_2}$ $\frac{1 \text{ kg}}{10^3 \text{ g}}$ veya $\frac{10^3 \text{ g}}{1 \text{ kg}}$

$$\text{Molalite} = \frac{40 \text{ g } C_2H_6O_2}{62,1 \text{ g/mol } C_2H_6O_2} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \text{ g}} = \frac{10,7 \text{ mol } C_2H_6O_2}{\text{kg çözücü}} = 10,7 \text{ m}$$

olarak bulunur.

6.7. ppm ve ppb

Bazen çok hassas analizlerde derişimler o kadar küçük olur ki derişim birimi olarak "**ppm**" veya "**ppb**" kullanılır. **ppm**, milyonda parça anlamında (ppm, İngilizce **parts per million** kelimelerinin kısaltılmış şekli) bir derişim birimidir. Örneğin 5 ppm, bir milyonda (10^6) beş parça demektir. 5 ppm Hg denildiğinde ise 1 kg su örneğinde 5 mg civa bulunduğu anlaşılır ve

$$\frac{5 \text{ mg}}{1 \text{ kg}} = \frac{5 \text{ mg}}{10^6 \text{ mg}} = 5 \text{ ppm}$$

şeklinde yazılır.

Çok seyreltik çözeltilerde; 1 kg çözeltinin hacmi, (suyun yoğunluğu 1 g/mL= 1 kg/L olduğundan) bir litredir. Buna göre çözeltilerde bu birim,

$$\text{ppm} = \frac{\text{çözünenin miktarı (mg)}}{\text{çözeltinin hacmi (L)}}$$

şeklinde ifade edilebilir. Örneğin 20 ppm Fe, 1 litre çözeltide 20 mg Fe bulunuyor anlamındadır.

Çok küçük derişimler için diğer bir derişim birimi **ppb** (İngilizce **parts per billion** kelimelerinin kısaltılmışı) kullanılır. Milyarda parça anlamına gelen ppb için litre çözücüde çözünen miktarı mikrogram cinsinden ifade edilir. Buna göre ppb,

$$\text{ppb} = \frac{\text{çözünenin miktarı (g)}}{\text{çözeltilinin hacmi (L)}}$$

şeklinde gösterilebilir.

Örnek 9.7 500 mL su örneğinde 3,6 mg kurşun bulunuyorsa çözeltilinin derişimini **ppm** olarak hesaplayınız.

Çözüm 9.7	Bilinmeyen	Verilen	Bağıntı
	ppm	3,6 mg Pb ⁺² 500 mL örnek	$\text{ppm} = \frac{\text{çözünenin mg miktarı}}{\text{çözeltilinin L miktarı}}$

$$\text{ppm} = \frac{3,6 \text{ mg Pb}^{+2}}{500 \text{ mL}} \cdot \frac{10^3 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = \frac{7,2 \text{ mg Pb}^{+2}}{1 \text{ L}} = 7,2 \text{ ppm Pb}^{+2}$$

7. ÇÖZELTİLERİN BUHAR BASINCI

Çözeltilerde; kinetik enerjisi büyük, sıvı yüzeyindeki veya sıvı yüzeyine yakın moleküllerden bazıları, moleküller arası çekim kuvvetini yenerek sıvı yüzeyinden ayrılır ve gaz haline geçebilirler. Bu olay "**buharlaşma**" olarak tanımlanır.

Buhar halindeki sıvı yüzeyine yakın moleküllerin bazıları da yüzeydeki moleküller tarafından çekilebilirler ve bu moleküller de tekrar sıvıya dönebilirler. Bu olay da "**yoğunlaşma**" olarak bilinir.

Buharlaşma hızı ile yoğunlaşma hızı birbirine eşit olduğunda dinamik denge kurulur. **Dinamik denge halindeki buharın basıncına o sıvının o sıcaklıktaki buhar basıncı** denir. Suyun 100°C de dinamik denge halinde iken buhar basıncı **760 mm Hg** dir, eğer atmosfer basıncı da 760 mm Hg ise kaynama olayı gözlenir. **Sıvının buhar basıncının, dışbasınca eşit olduğu sıcaklığa, o maddenin "kaynama noktası" denir.**

Çözeltilerin buhar basınçları ile, derişimi arasındaki bağıntı ilk kez M.Raoult tarafından araştırılmıştır ve bu bağıntı "**Raoult Yasası**" olarak bilinir.

Raoult Yasasına göre, bir çözeltinin buhar basıncı, çözücünün saf haldeki buhar basıncı ile onun mol kesrinin çarpımına eşittir. Çözeltinin buhar basıncı "**P**"; saf çözücünün buhar basıncı "**P°**", çözücünün mol kesri "**X₁**" olmak üzere **Raoult Yasası**

$$P = P^{\circ} X_1$$

şeklinde ifade edilebilir.

Çözücünün mol kesri **X₁**; çözücünün çözelti içindeki mol sayısının **n₁**, çözünen madde- nin çözelti içindeki mol sayısı **n₂** olmak üzere,

$$X_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2}$$

şeklinde yazılabilir.

8. ÇÖZELTİLERİN KOLİGATİF ÖZELLİKLERİ

Koligatif özellikler, **sadece** çözeltideki **çözünen parçacıklarının sayısına** bağlıdır. Çözeltide bulunan çözünen parçacıkları (atomlar, iyonlar, moleküller) çözeltinin buhar basıncının, saf çözücüye göre daha düşük olmasına neden olurlar. Çünkü çözünen parçacıkları; çözeltinin yüzeyinden daha az sayıda çözücü moleküllerinin ayrılmasına sebep olurlar. Buna karşın sıvıya dönen buhar moleküllerinin sayısı değişmez. Bu nedenle derişik çözeltiler, saf çözücünden daha yavaş buharlaşırlar. Buhar basıncının azalması, koligatif özelliğe bir örnektir.

Bir çözünen etkisi ile buhar basıncı düşürülen bir çözeltinin, buhar basıncını atmosferik basınca eşit yapabilmek için daha yüksek sıcaklığa gereksinimi vardır. Bu etki çözeltilerde **kaynama noktası yükselmesi** şeklinde ortaya çıkar. Koligatif bir özellik olan kaynama noktası yükselmesi,

$$\Delta T_b = K_b \cdot m$$

şeklinde ifade edilir. **ΔT_b** , kaynama sıcaklığındaki değişme; "**m**", molalite, "**K_b**" molal kaynama noktası yükselmesi sabiti olup çözücünün bir özelliğidir. Su için K_b değeri 0,512 (°C) (kgH₂O) / mol olarak verilir.

Örnek 9.8 1,0 Molal şekerli-su çözeltisinin bir atmosferdeki kaynama noktası sıcaklığını bulunuz.

Çözüm 9.8 1,0 molal şeker çözeltisinin kaynama noktası saf suya göre

$$\Delta T_b = 0,512 \frac{(^{\circ}\text{C})(\text{kg H}_2\text{O})}{\text{mol}} \times 1,00 \frac{\text{mol}}{\text{kg H}_2\text{O}} = 0,512 ^{\circ}\text{C}$$

kadar yükselmiş olarak bulunur. 1 Atmosferde; saf suyun kaynama noktası 100 °C olduğuna göre, bu çözelti 100, 512 °C da kaynayacaktır.

Bir çözücü donduğunda, sıvı ve katı hali arasında, aynen kaynama sırasında sıvı ve gaz hali arasında olduğu gibi bir **denge** vardır. Dolayısıyla sıvı çözücünün buhar basıncı ile katı çözücünün buhar basınçları birbirine eşit olmalıdır. Fakat çözeltinin **buhar basıncı** çözünenlerin etkisi ile **azalır** ve **donma noktası** da alçalır. Buhar basıncının düşmesi, katı hale geçmek için sıvı hali bırakmaya daha az istekli olması anlamında düşünülebilir. Dolayısıyla çözeltide katı çözücü ile sıvı çözücünün dengede olabilmesi gereken sıcaklık azalır. Donma noktası alçalmasını hesaplamak için, kaynama noktası yükselmesini hesaplamakta kullanılan eşitliğe benzer bir eşitlik

$$\Delta T_f = K_f m$$

yazılabilir. Burada " ΔT_f ", donma sıcaklığındaki değişme; " m ", molalite; " K_f ", molal donma noktası alçalması sabitidir. K_b gibi K_f de çözücünün bir özelliğidir. Su için K_f değeri 1,86 (°C) (kg H₂O)/mol olarak verilir. (K_f 'deki mol, çözünenin molüdür.)

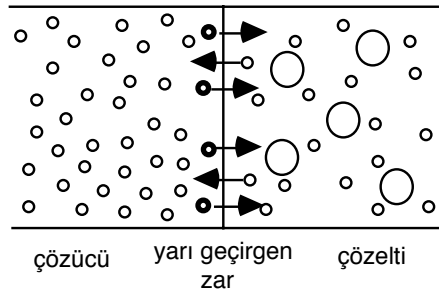
Örnek 9.9. 1 molal şeker çözeltisinin bir atmosferdeki donma noktası sıcaklığını bulunuz.

Çözüm 9.9. 1 molal şeker çözeltisinin donma noktasını saf suya göre

$$\Delta T_f = 1,86 \frac{(^{\circ}\text{C})(\text{kg H}_2\text{O})}{\text{mol}} \times 1,00 \frac{\text{mol}}{\text{kg H}_2\text{O}} = 1,86 ^{\circ}\text{C}$$

kadar düşmüş olur. Saf su 0°C'da donduğuna göre bu çözelti -1,86 °C (1 atmosferde)da donar.

Otomobil radyatörlerindeki antifiriz, suyun donma noktasını düşürmesi prensibine dayanır. %40 (ağırlık/ağırlık) etilen glikol (C₂H₆O₂) çözeltisi, suyun donma noktasını -20 °C'a kadar düşürür.



Şekil 9.4 Ozmoz: Çözücü molekülleri zardan difüzlenererek derişik çözeltiliye doğru hareket ederler.

Ozmotik basınç da diğer bir koligatif özelliktir. **Ozmoz olayı, çözünen parçacıklarının geçemediği yarı geçirgen bir zardan çözücü moleküllerinin difüzyonudur.** Yarı geçirgen zarın iki tarafında farklı derişimdeki çözeltiler yer aldığında, çözücü daha seyreltik çözeltiliden (daha fazla çözücü içerir) daha derişik çözeltiliye (daha az çözücü içerir) hareket eder (Şekil 9.4). Ozmoz olayı, derişik çözeltili yeteri kadar seyreltik olana kadar diğer bir deyişle, çözücü molekülleri zardan zıt yönlerde eşit hızda geçişleri sağlanana kadar devam eder.

Ozmotik basınç ise, **ozmoz sırasında daha derişik çözeltiliden, çözücü akışını durdurmak için gereken basınçtır.**

Ozmotik basınç da sadece çözünenin parçacıklarının sayısına (sabit sıcaklıkta, hacimde) bağlı olup koligatif bir özelliktir.

Ozmotik basınç canlı sistemlerde çok önemlidir. İnsan plazmasının 37 °C'de 7,65 atmosferlik bir basıncı olduğu bulunmuştur. Bitki köklerinde ise 50 atm veya daha fazla olabilmektedir.

Özet

Çözelti homojen bir karışımdır. Çözeltide miktarı çok olan bileşen çözücü, miktarı az olan bileşen çözünen adını alır. Çözeltiler gaz, sıvı veya katı halinde olabilirler.

Çözünme, moleküller arasındaki çekim kuvvetine dayanır ve genellikle benzer benzeri çözer şeklinde ifade edilir.

Suda çözünerek yüklü tanecikler oluşturan maddeler "**elektrolit**" olarak adlandırılır. Elektrolitler kuvvetli ve zayıf olmak üzere sınıflandırılırlar. Herhangi bir sıcaklıkta, belirli hacimdeki çözücüde belirli miktar madde çözünür. Normal şartlarda, belirli sıcaklıkta, çözünenin maksimum çözünebildiği miktarı içeren çözeltilere "**doymuş çözeltiler**" denir. Doymuş çözeltide çözünen madde miktarına da o maddenin o çözücüdeki "**çözünürlüğü**" denir.

Belirli bir miktar çözelti veya çözücü içerisinde çözünen madde miktarına "**derişim**" denir. En çok kullanılan derişim birimleri; yüzde derişim, mol kesri, molarite, normalite, molalite, ppm ve ppb'dir. Çözeltilerin koligatif özellikleri, sadece çözeltide çözünen parçacıkların sayısına bağlıdır. Bu özellikler, "**buhar basıncı alçalması**", "**donma noktası alçalması**", "**kaynama noktası yükselmesi**" ve "**ozmotik basınç**"tır.

Değerlendirme Soruları

1. Sodyum nitratın 25 °C deki çözünürlüğü 92,1 gram/100 mL suda olarak verildiğine göre, 2,5 L suda kaç gram NaNO_3 çözünür?
A) 2,4 B) 9,2 C) 23 D) $2,5 \times 10^2$ E) $2,3 \times 10^3$
2. 6,0 gram suda 4 gram NaCl çözülmesiyle hazırlanan bir çözelti ağırlıkça yüzde kaç NaCl içerir?
A) %12 B) %32 C) %40 D) %63 E) %87
3. Hacimce %2,1 alkol içeren 750 mL çözelti hazırlamak için kaç mL alkol gereklidir?
A) 15,75 B) 21,2 C) 75,0 D) 100,0 E) 108,2
4. 0,1 M NaOH çözeltisinin 25 mL sinde kaç gram NaOH çözünmüş olarak bulunur?
A) 0,1 B) 0,2 C) 0,3 D) 0,4 E) 0,5

5. 100 mL 0,55 M sodyum asetat çözeltisini 0,45 M yapmak için kaç mL su ilave edilmelidir?
- A) 1,2 B) 10,2 C) 18 D) 22 E) 28
6. Dikromat iyonu, $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14 \text{H}^+ + 6 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$ yarı reaksiyonuna göre yükseltgeyici olarak kullanılacaktır. 2,0 N, 250 mL çözelti hazırlamak için kaç gram $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ alınmalıdır?
- A) 10,2 B) 14,8 C) 18,9 D) 24,5 E) 26,0
7. 0,50 molal glikoz, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, çözeltisi hazırlamak için 500 g suda kaç gram glikoz çözülmelidir?
- A) 12,4 B) 25,8 C) 45,0 D) 51,2 E) 72,3
8. 12,5 ppm civa içeren 2 L çözeltide kaç gram civa vardır?
- A) 0,010 B) 0,012 C) 0,025 D) 0,050 E) 0,075
9. 0,20 m sulu alkol çözeltisinin donma noktası nedir?
- A) -0,13 °C B) -0,20 °C C) -0,37 °C D) -0,41 °C E) -0,55 °C
10. 0,33 m sukroz çözeltisinin kaynama noktası nedir?
- A) 100,03 °C B) 100,10 °C C) 100,17 °C D) 100,23 °C E) 100,38 °C