

2. ÇÖZELTİLER, KONSANTRASYONLAR VE ÇÖZELTİ HAZIRLAMA

2.1. Çözeltiler



Çözeltiler, iki veya daha fazla maddenin homojen karışımlarıdır.

Genel olarak bir çözeltinin bileşenleri (komponentleri); çözen madde (**çözücü, çözen, solvent, dispersiyon ortamı**) ve çözülmüş madde veya maddeler (**çözünen, solüt, substrat, dispers fazı**)'dır. Çözücü genelde sıvı ve sudur; alkol, kloroform gibi sıvılar da olabilir. Çözülmüş maddeler katı, sıvı, gaz olabilir.



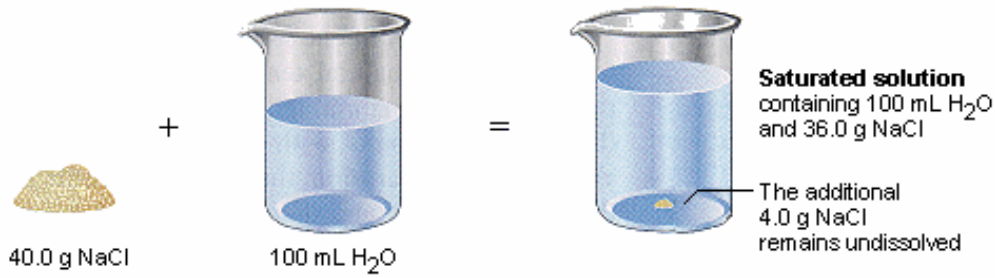
Bir çözeltideki çözülmüş madde miktarının fazla olması, çözeltinin konsantrasyonunun (derişiminin, yoğunluğunun) yüksek olduğu ve çözeltinin **konsantre (derişik, yoğun)** olduğu şeklinde ifade edilir; bir çözeltideki çözülmüş madde miktarının az olması, çözeltinin konsantrasyonunun düşük olduğu ve çözeltinin **dilüe (az yoğun, seyreltik)** olduğu şeklinde ifade edilir. *Derişik çözeltilerde çözülmüş madde miktarı fazladır, seyreltik çözeltilerde çözülmüş madde miktarı azdır.*



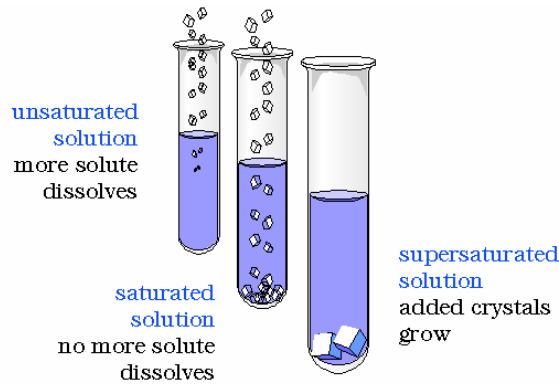
Bir çözeltide çözünmüş madde miktarı, belli bir değerden daha fazla olamaz. Çözünmüş maddenin maksimumunu (azamisini, bulunabileceğin en fazlasını) içeren çözelti, **doymuş** çözelti olarak tanımlanır.



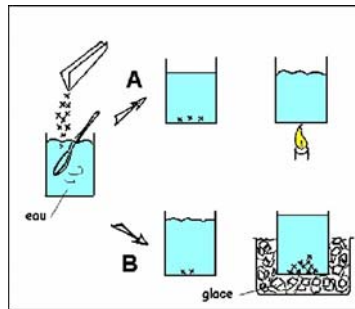
Bir maddenin 20°C' deki doymuş çözeltisinin 1 litresinde bulunan substratın gram veya mol olarak miktarı, **maddenin çözünürlüğü** olarak tanımlanır; bir madde için çözünürlük, g/L veya mol/L olarak ifade edilir.



Doymuş çözeltiye eklenecek daha fazla solüt, çözünmeden çözeltinin dibinde çökelti olarak kalır.



Dibinde çökelti olmayan doymuş çözeltiye çözücü eklenmesi, çözeltiyi daha az konsantre veya seyreltik hale getirir. Sıcaklık değişiklikleri de çözeltinin doymuşluğunu değiştirir.



2.2. Çözelti Konsantrasyonları

Bir çözeltinin konsantrasyonu, çözeltinin belirli bir volümü içinde çözünmüş olan substrat miktarıdır. Çözeltilerdeki çözücü genelde sudur, sudan başka bir sıvı ise bu ayrıca belirtilir.

Çözelti konsantrasyonları, % konsantrasyon, molar konsantrasyon, molal konsantrasyon, normal konsantrasyon gibi değişik şekillerde ifade edilebilir. Çözeltiler de buna göre % çözeltiler, molar çözeltiler, molal çözeltiler, normal çözeltiler gibi çeşitli sınıflara ayrılırlar.

2.2.1. % Çözeltiler

$$\begin{array}{l} \text{3 types of} \\ \text{concentration} \\ \text{percentages:} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} \text{(w/w)} \quad \frac{\text{g solute}}{\text{g solution}} \times 100\% \\ \text{(v/v)} \quad \frac{\text{mL solute}}{\text{mL solution}} \times 100\% \\ \text{(w/v)} \quad \frac{\text{g solute}}{\text{mL solution}} \times 100\% \end{array} \right.$$

% w/v çözeltiler: Konsantrasyonu, 100 mL çözeltideki çözünmüş madde miktarı gram olarak ifade edilen çözeltilerdir. Örneğin %5'lik glukoz çözeltisi dendiğinde, çözeltinin 100 mL'sinde 5 gram glukoz bulunduğu anlaşılır. Çözeltilerdeki çözücü genelde sudur, sudan başka bir sıvı ise bu ayrıca belirtilir.

% w/v çözeltilerin hazırlanması:

- 1) Hazırlanacak çözelti volümü için uygun volümde kuru ve temiz bir balon joje alınır.
- 2) Balon jojeye bir miktar çözücü konur.
- 3) Hazırlanacak volümde çözeltide bulunması gereken solüt miktarı hesaplanır:

$$\frac{\text{İstenen konsantrasyon}(\%)}{100} \times \text{İstenen volüm}(\text{mL}) = \text{g tartılacak solüt miktarı}$$

4) Hesaplanan miktarda solüt tartılır ve balon jojedeki çözücüye eklenerek karıştırma suretiyle çözülür.

**KOH ve NaOH gibi alkalilerin çözünmeleri sırasında açığa çıkan fazla miktarda ısı balonun aşırı ısınma ile çatlamasına neden olabilir. Bu durumda soğutmak amacıyla balonun dışı, akan çeşme suyu altında tutulmalı; fakat bu sırada balonun içine çeşme suyu kaçmamasına dikkat etmelidir.*

5) Balon jojenin işaret çizgisine kadar çözücü eklenerek volüm istenilen değere tamamlanır ve balonun ağzı kapatılarak alt-üst etme suretiyle iyice karışma sağlanır.

Örnek: 250 mL volümde % 5'lik glukoz çözeltisinin hazırlanması:

1°) 250 mL'lik kuru ve temiz bir balon joje alınır.

2°) Balon jojeye bir miktar distile su konur.

3°) $\frac{5}{100} \times 250 = 12,5$ g glukoz tartılır ve balondaki suya eklenerek çözülür.

4°) Balonun işaret çizgisine kadar distile su eklenerek volüm 250 mL'ye tamamlanır ve balonun ağzı kapatılarak alt-üst etme suretiyle iyice karışma sağlanır.

%w/w çözeltiler: Konsantrasyonu, 100 g çözeltideki çözünmüş madde miktarı gram olarak ifade edilen çözeltilerdir. Örneğin %5 w/w'lik glukoz çözeltisi dendiğinde, çözeltinin 100

g'ında 5 gram glukoz bulunduğu anlaşılr. Çözeltilerdeki çözücü genelde sudur, sudan başka bir sıvı ise bu ayrıca belirtilir.

(w/w) unless stated otherwise

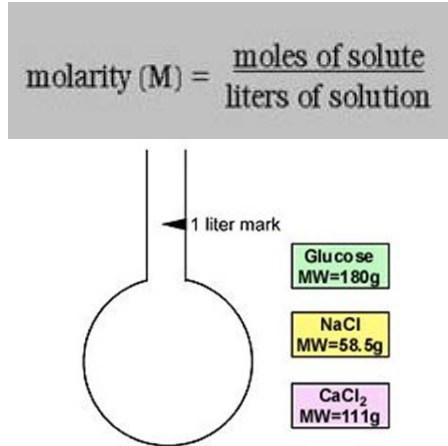
$$1 \text{ ppm} = \frac{1 \text{ g solute}}{10^6 \text{ g solution}} = \frac{1 \text{ mg solute}}{1 \text{ kg solution}}$$

for dilute aqueous solutions, ppm ~ mg
solute/L solution

%v/v çözeltiler: Konsantrasyonu, 100 mL çözeltideki çözülmüş madde miktarı mL olarak ifade edilen sıvı-sıvı çözeltileridir. Örneğin %70 v/v'lik etil alkol çözeltisi dendiğinde, çözeltilinin 100 mL'sinde 70 mL etil alkol bulunduğu anlaşılr. Çözeltilerdeki çözücü genelde sudur, sudan başka bir sıvı ise bu ayrıca belirtilir.

(v/v) ppm is sometimes written ppmv
 $1 \text{ ppmv} = 1 \mu\text{L solute}/1 \text{ L solution.}$

2.2.2. Molar çözeltiler: Konsantrasyonu, 1000 mL çözeltideki çözülmüş madde miktarı mol olarak ifade edilen çözeltilerdir. Örneğin 2 molar (2M) glukoz çözeltisi dendiğinde, çözeltilinin 1000 mL'sinde 2 mol glukoz bulunduğu anlaşılr. Çözeltilerdeki çözücü genelde sudur, sudan başka bir sıvı ise bu ayrıca belirtilir.



1 mol madde, Avogadro sayısı ($6,023 \times 10^{23}$) kadar birim parçacık (atom, molekül veya iyon) içeren miktarda maddedir ve 1 mol maddenin kütlesi, gram cinsinden birim parçacık kütlesine eşittir. Örneğin;

- 1 mol (1000 mmol) Ca, 40,08 g Ca (Kalsiyumun atom ağırlığı 40,08)
- 1 mol (1000 mmol) glukoz, 180 g glukoz (glukozun molekül ağırlığı 180)
- 1 mol (1000 mmol) Na⁺, 22,99 g Na⁺ (Sodyumun atom ağırlığı 22,99)

Katı maddelerin molar çözeltilerinin hazırlanması:

1) Hazırlanacak çözelti volümü için uygun volümde kuru ve temiz bir balon joje alınır.

2) Balon jojeye bir miktar çözücü konur.

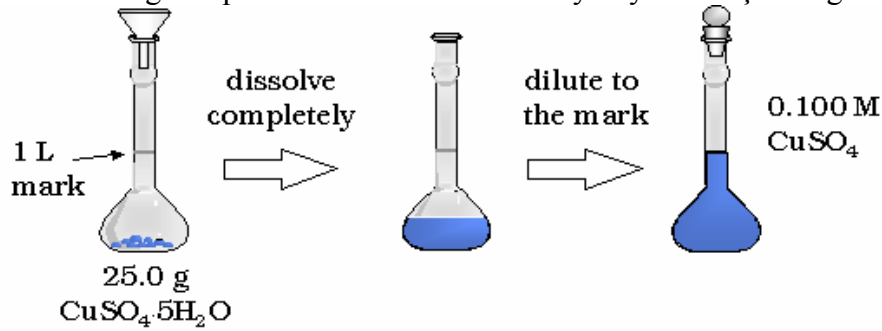
3) Hazırlanacak volümde çözeltide bulunması gereken solüt miktarı hesaplanır:

İstenen volüm(L) x İstenen molarite(M) x Molekül ağırlığı(g) = g tartılacak solüt

4) Hesaplanan miktarda solüt tartılır ve balon jojedeki çözücüye eklenerek karıştırma suretiyle çözülür.

**KOH ve NaOH gibi alkalilerin çözünmeleri sırasında açığa çıkan fazla miktarda ısı balonun aşırı ısınma ile çatlamasına neden olabilir. Bu durumda soğutmak amacıyla balonun dışı, akan çeşme suyu altında tutulmalı; fakat bu sırada balonun içine çeşme suyu kaçmamasına dikkat etmelidir.*

5) Balon jojenin işaret çizgisine kadar çözücü eklenerek volüm istenilen değere tamamlanır ve balonun ağzı kapatılarak alt-üst etme suretiyle iyice karışma sağlanır.



Örnek: 250 mL (0,250L) volümde 2M'lık NaOH çözeltisinin hazırlanması:

1°) 250 mL'lik kuru ve temiz bir balon joje alınır.

2°) Balon jojeye bir miktar distile su konur.

3°) $0,250 \times 2 \times 40 = 20$ g NaOH tartılır ve balondaki suya eklenerek çözülür.

4°) Balonun işaret çizgisine kadar distile su eklenerek volüm 250 mL'ye tamamlanır ve balonun ağzı kapatılarak alt-üst etme suretiyle iyice karışma sağlanır.

Sıvı asitlerin molar çözeltilerinin hazırlanması:

1) Hazırlanacak çözelti volümü için uygun volümde kuru ve temiz bir balon joje alınır.

2) Balon jojeye bir miktar distile su konur.

3) Hazırlanacak volümde çözeltide bulunması gereken sıvı asit miktarı hesaplanır:

$$\frac{\text{istenen molarite}(M) \times \text{moleküler ağırlığı}(g) \times \text{istenen volüm}(L)}{\text{densite} \times \text{konsantrasyon}(\%)} = \text{mL alınacak sıvı asit}$$

4) Hesaplanan miktarda sıvı asit alınır ve balon jojedeki suya eklenerek karıştırma suretiyle çözülür.

** H2SO4 gibi asitlerin çözünmeleri sırasında açığa çıkan fazla miktarda ısı, balonun aşırı ısınma ile çatlamasına neden olabilir. Bu durumda soğutmak amacıyla balonun dışı, akan çeşme suyu altında tutulmalı; fakat bu sırada balonun içine çeşme suyu kaçmamasına dikkat etmelidir.*

5) Balon jojenin işaret çizgisine kadar distile su eklenerek volüm istenilen değere tamamlanır ve balonun ağzı kapatılarak alt-üst etme suretiyle iyice karışma sağlanır.

Örnek: 500 mL (0,500 L) volümde 2M'lık HCl çözeltisinin, dansitesi 1,19 olan % 38'lik (0,38) konsantre HCl'den hazırlanması:

1°) 500 mL'lik kuru ve temiz bir balon joje alınır.

2°) Balon jojeye bir miktar distile su konur.

3°) $\frac{2 \times 36,46 \times 0,500}{1,19 \times 0,38} = 80,63 \text{ mL}$ konsantre HCl alınır ve balondaki suya eklenerek çözülür.

4°) Balonun işaret çizgisine kadar distile su eklenerek volüm 500 mL'ye tamamlanır ve balonun ağzı kapatılarak alt-üst etme suretiyle iyice karışma sağlanır.

Molar ve % konsantrasyonların birbirine çevrilmesi

$\text{mol/L konsantrasyon} \times \text{molekül ağırlığı} = \text{g/L konsantrasyon}$

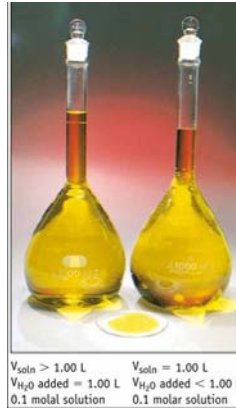
$\frac{\text{mM konsantrasyon} \times \text{molekül ağırlığı}}{10} = \text{mg/dL konsantrasyon}$

$\frac{\% \text{mg konsantrasyon} \times 10}{\text{molekül ağırlığı}} = \text{mM konsantrasyon}$

2.2.3. Molal çözeltiler: Konsantrasyonu, 1000 g çözücüde çözülmüş madde miktarı mol olarak ifade edilen çözeltilerdir. Örneğin 2 molal glukoz çözeltisi dendiğinde, 1000 g çözücüde 2 mol glukoz çözüldüğü anlaşılır. Çözeltilerdeki çözücü genelde sudur, sudan başka bir sıvı ise bu ayrıca belirtilir.

$$\text{molality} = \frac{\text{mol solute}}{\text{kg solvent}}$$

Molalite, sıcaklık değişimine bağımlı değildir. Konsantrasyon birimi olarak molariteye oranla daha duyarlıdır. Buna rağmen klinik laboratuvarlarda kullanımı yaygın değildir. Klinik laboratuvarlarda kullanılan çözeltiler sulu çözeltiler olduklarından molalite ile molarite arasında pek büyük fark yoktur.



2.2.4. Normal çözeltiler: Konsantrasyonu, 1000 mL çözeltideki çözülmüş madde miktarı ekivalan gram sayısı (Eq) olarak ifade edilen çözeltilerdir. Örneğin 2 Normal (2N) H₂SO₄ çözeltisi dendiğinde, çözeltinin 1000 mL'sinde 2 ekivalan (2 Eq=2000 mEq) H₂SO₄ bulunduğu anlaşılır. Çözeltilerdeki çözücü genelde sudur.

$$\text{Normality (N)} = \frac{\text{equivalents of solute}}{\text{liter of solution}}$$

Katı maddelerin normal çözeltilerinin hazırlanması:

- 1) Hazırlanacak çözelti volümü için uygun volümde kuru ve temiz bir balon joje alınır.
- 2) Balon jojeye bir miktar çözücü konur.
- 3) Hazırlanacak volümde çözeltide bulunması gereken solüt miktarı hesaplanır:
 $\text{İstenen normalite}(N) \times \text{Ekivalan gram}(g) \times \text{İstenen volüm}(L) = g \text{ tartılacak solüt}$
- 4) Hesaplanan miktarda solüt tartılır ve balon jojedeki çözücüye eklenerek karıştırma suretiyle çözülür.

**KOH ve NaOH gibi alkalilerin çözünmeleri sırasında açığa çıkan fazla miktarda ısı, balonun aşırı ısınma ile çatlamasına neden olabilir. Bu durumda soğutmak amacıyla balonun dışı, akan çeşme suyu altında tutulmalı; fakat bu sırada balonun içine çeşme suyu kaçmamasına dikkat etmelidir.*

- 5) Balon jojenin işaret çizgisine kadar çözücü eklenerek volüm istenilen değere tamamlanır ve balonun ağzı kapatılarak alt-üst etme suretiyle iyice karışma sağlanır.

Örnek: 500 mL (0,500 L) volümde 2,5 N'lik NaOH çözeltisinin hazırlanması:

- 1°) 500 mL'lik kuru ve temiz bir balon joje alınır.
- 2°) Balon jojeye bir miktar distile su konur.
- 3°) $2,5 \times 40 \times 0,500 = 50 \text{ g NaOH}$ tartılır ve balondaki suya eklenerek çözülür.
- 4°) Balonun işaret çizgisine kadar distile su eklenerek volüm 500 mL'ye tamamlanır ve balonun ağzı kapatılarak alt-üst etme suretiyle iyice karışma sağlanır.

Sıvı asitlerin normal çözeltilerinin hazırlanması:

- 1) Hazırlanacak çözelti volümü için uygun volümde kuru ve temiz bir balon joje alınır.
- 2) Balon jojeye bir miktar distile su konur.
- 3) Hazırlanacak volümde çözeltide bulunması gereken sıvı asit miktarı hesaplanır:
$$\frac{\text{istenennormalite}(N) \times \text{molekülerag}(g) \times \text{istenennvolüm}(L)}{\text{valans} \times \text{dansite} \times \text{konsantrasyon}(\%)} = \text{mL alınacak sıvı asit}$$
- 4) Hesaplanan miktarda sıvı asit alınır ve balon jojedeki suya eklenerek karıştırma suretiyle çözülür.

** H₂SO₄ gibi asitlerin çözünmeleri sırasında açığa çıkan fazla miktarda ısı, balonun aşırı ısınma ile çatlamasına neden olabilir. Bu durumda soğutmak amacıyla balonun dışı, akan çeşme suyu altında tutulmalı; fakat bu sırada balonun içine çeşme suyu kaçmamasına dikkat etmelidir.*

- 5) Balon jojenin işaret çizgisine kadar distile su eklenerek volüm istenilen değere tamamlanır ve balonun ağzı kapatılarak alt-üst etme suretiyle iyice karışma sağlanır.

Örnek: 250 mL (0,250 L) volümde 0,1 N'lik HCl çözeltisinin dansitesi 1,19 olan %38'lik (0,38) konsantre HCl'den hazırlanması:

- 1°) 250 mL'lik kuru ve temiz bir balon joje alınır.
- 2°) Balon jojeye bir miktar distile su konur.
- 3°) $\frac{0,1 \times 36,46 \times 0,250}{1 \times 1,19 \times 0,38} = 2,02 \text{ mL}$ konsantre HCl alınır ve balondaki suya eklenerek çözülür.

- 4°) Balonun işaret çizgisine kadar distile su eklenerek volüm 250 mL'ye tamamlanır ve balonun ağzı kapatılarak alt-üst etme suretiyle iyice karışma sağlanır.



Normal, Molar ve % konsantrasyonların birbirine çevrilmesi

$$\frac{mEq / L \text{ konsantrasyon} \times \text{Moleküler kütle}}{10 \times \text{Valans}} = \text{mg/dL konsantrasyon}$$

$$\frac{mg / dL \text{ konsantrasyon} \times 10 \times \text{Valans}}{\text{Moleküler kütle}} = \text{mEq/L konsantrasyon}$$

$$M \text{ konsantrasyon} \times \text{Valans} = N \text{ konsantrasyon}$$

$$\frac{N \text{ konsantrasyon}}{\text{Valans}} = M \text{ konsantrasyon}$$

2.2.5. Konsantrasyonlara hidrasyon suyunun etkisi: Kristal şeklindeki bileşiklerde moleküle bağlı su, **hidrasyon suyu** olarak bilinir.



Katı maddelerin çözeltilerini hazırlarken yapılacak hesaplamalarda kullanılan formüller, hidrasyon suyu olmayan maddelere göre yazılmıştır. Hidrasyon suyu olan kristal şeklindeki katı maddelerin çözeltilerini hazırlarken, formülle maddenin susuz haline göre gerekli miktarı bulduktan sonra, basit orantı ile kullanılacak kristalli hal için gerekli miktarı hesaplamak gerekir. Örneğin; 250 mL %10'luk CuSO_4 çözeltisini hidrasyon suyu olmayan bakır sülfattan (CuSO_4 , molekül ağırlığı 160) değil de 1 molekül hidrasyon suyu olan bakır sülfattan ($\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, molekül ağırlığı 178) ile hazırlayacaksak tartacağımız $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ miktarı,

$$\frac{\text{istenen konsantrasyon}(\%)}{100} \times \text{istenen volüm}(\text{mL}) = \text{g tartılacak solüt miktarı}$$

formülüne göre bulacağımız $\frac{10}{100} \times 250 = 25$ g değildir;

160 g CuSO_4 'ten

178 g $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 'dan

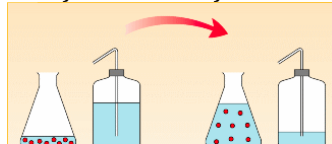
25 g gerekirse

X = ? g gerekir basit orantısına göre

$$X = \frac{178 \times 25}{160}$$

$$X = 27,81 \text{ g'dır.}$$

2.2.6. Çözeltilerin seyreltilmeleri ve çözelti karışımları

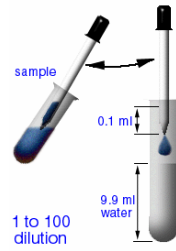


Çözeltilerin seyreltilmeleri, konsantrasyonlarının azaltılması, böylece değişik (konsantre) bir çözeltinin seyreltik (dilüe) bir çözelti haline getirilmesi demektir.

Bir çözeltinin 1/2 oranında seyreltilmesi deyince 1 volüm çözelti ile 1 volüm seyreltme sıvısının karıştırılacağı anlaşılır.

1 volüm çözelti ile 2 volüm seyreltme sıvısının karıştırılması, 1/3 oranında seyreltme demektir.

Seyreltme sıvısı genellikle sudur ve bu nedenle **seyreltme** işlemleri genellikle **sulandırma** veya **dilüsyon** olarak adlandırılırlar; seyreltme sıvısı da **dilüent** olarak adlandırılır.



Seyreltilen çözeltilerin ilk volüm (V_1), ilk konsantrasyon (C_1), seyreltildikten sonraki volüm (V_2) ve seyreltildikten sonraki konsantrasyon (C_2)'ları arasında,

$V_1 \times C_1 = V_2 \times C_2$ şeklinde bir bağıntı vardır. Konsantre bir çözeltilerden belli volümde ve belli konsantrasyonda seyreltik çözeltilerin hazırlanması için konsantre çözeltilerden alınacak miktarı hesaplamada bu bağıntı kullanılır.

Örnek: % 98'lik alkol ile 250 mL % 70'lik alkol çözeltilisi hazırlamak için;

$$V_1 \times C_1 = V_2 \times C_2$$

$$V_1 \times 98 = 250 \times 70$$

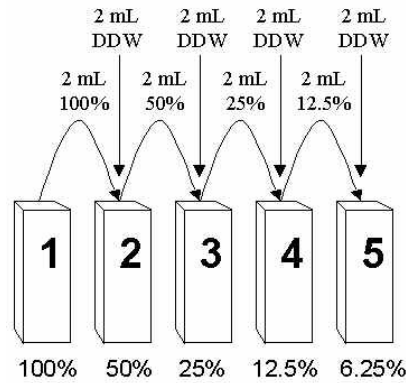
$$V_1 = \frac{250 \times 70}{98}$$

$V_1 = 178,57$ mL % 98'lik alkol alınır ve toplam volüm 250 mL olacak şekilde distile su ile karıştırılır.

Bir maddenin volümü V_1 ve konsantrasyonu C_1 olan çözeltilisi ile volümü V_2 ve konsantrasyonu C_2 olan çözeltilisi karıştırıldığında karışımın volümü (V_{1+2}) ve konsantrasyonu (C_{1+2}) ile karışımı oluşturan çözeltilerin volüm ve konsantrasyonları arasında,

$$(V_{1+2}) \times (C_{1+2}) = V_1 \times C_1 + V_2 \times C_2 \text{ şeklinde bir bağıntı vardır.}$$

2.2.7. Seri dilüsyonlar



Seri dilüsyonlarda her dilüsyondan sonra elde edilen yeni çözelti tekrar dilüe edilir ve bu işlem ardı ardına tekrarlanabilir. Örneğin;

0,5 mL serumun 0,5 mL fizyolojik NaCl çözeltisi ile karıştırılmasıyla serum 1/2 oranında dilüe edilmiş olur.

1/2 oranında dilüe serumdan 0,5 mL alıp 0,5 mL fizyolojik NaCl çözeltisi ile karıştırırsak tekrar 1/2 oranında dilüsyon yapmış oluruz.

Art arda iki defa 1/2 oranında dilüsyon, toplam olarak $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ oranında dilüsyon demektir.