

## DENEY 5 : pH KAVRAMI ve ÖLÇÜMÜ

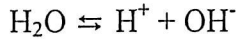
### 6.1. AMAÇ

Bu deneyde;

- I. pH' ı bilinen çözeltilerin hazırlanması,
- II. Bu çözeltilere damlatılan çeşitli indikatörlerin, ortamın pH' ına bağlı olarak gösterdiği renk değişimlerinden yararlanarak, monoproitik zayıf bir asit olan benzoik asitin ( $C_6H_5COOH$ )  $K_a$  asitlik sabitinin saptanması,
- III. pH' ı bilinen çözeltilerin pH değerinin, pH-metre ile ölçülen pH değeri ile karşılaştırılması, amaçlanmaktadır.

### 6.2. GENEL BİLGİLER

#### 6.2.1. pH ve pOH kavramı :



denmesine göre su, hidrojen ( $H^+$ ) ve hidroksil ( $OH^-$ ) iyonlarına ayrışır.

Bu ayrışma için denge sabiti  $K_d = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]}$  eşitliği ile verilir.

Ancak seyreltik çözeltilerin hepsinde  $H_2O$ ' nun konsantrasyonu sabit kabul edilir ve  $K_{su}$  'yu vermek üzere  $K_d$  ile birleştirilirse;

$$K_d [H_2O] = K_{su} = [H^+] \cdot [OH^-] \quad \text{eşitliği elde edilir.}$$

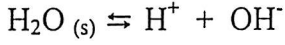
$K_{su}$  'ya genel olarak **suyun ayrışma sabiti** veya **suyun iyon çarpımı** denir ve 25 °C deki yani oda sıcaklığındaki büyüklüğü  $1.10^{-14}$  tür. Suyun iyonlarına ayrışması endotermik bir olay olduğundan  $K_{su}$  sıcaklıkla artar (60 °C deki değeri  $1.10^{-13}$  ve 100 °C deki değeri  $5.10^{-13}$ ).

Çözücü olarak ortamda sadece su olduğu ve çözünen madde veya maddelerin konsantrasyonu 0,1M dan daha küçük kaldığı sürece,

$$K_{su} = [H^+] \cdot [OH^-]$$

eşitliği doğrudur. Derişimler artınca, bu eşitlik geçerliliğini kaybeder.

Saf sudaki hidrojen ve hidroksil iyonlarının hepsi, su moleküllerinin ayrışmasından meydana gelir. Eğer litrede x mol H<sup>+</sup> meydana gelirse, aynı zamanda x mol OH<sup>-</sup> oluşmalıdır.



$$x \text{ M} \quad x \text{ M}$$

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1.10^{-14}$$

$$x \cdot x = 1.10^{-14} \Rightarrow x^2 = 1.10^{-14} \Rightarrow x = 1.10^{-7}$$

Bu nedenle saf H<sub>2</sub>O içinde H<sup>+</sup> ve OH<sup>-</sup> nun her birisinin konsantrasyonu 1.10<sup>-7</sup> M' dir. Suya asit ilave edilirse, H<sup>+</sup> konsantrasyonu 1.10<sup>-7</sup> M' in üstüne çıkarken OH<sup>-</sup> konsantrasyonu 1.10<sup>-7</sup> M' in altına düşer. Benzer şekilde suya baz ilave edilirse, OH<sup>-</sup> konsantrasyonu 1.10<sup>-7</sup> M' in üstüne çıkarken H<sup>+</sup> konsantrasyonu 1.10<sup>-7</sup> M' in altına düşer. Yani H<sup>+</sup> konsantrasyonu 1.10<sup>-7</sup> M' dan büyükse çözelti asidik, OH<sup>-</sup> konsantrasyonu 1.10<sup>-7</sup> M' dan büyükse çözelti baziktir. Kullanılan çözeltiler genellikle çok seyreltik olduğundan çözeltideki H<sup>+</sup> ve OH<sup>-</sup> konsantrasyonu çok küçüktür. Böyle konsantrasyonları daha basit ve kısa göstermek için pH ve pOH tanımı yapılmıştır.

Hidrojen iyonu derişiminin eksi logaritmasına pH, hidroksil iyonu derişiminin eksi logaritmasına pOH denir. Bir ortamı karakterize etmek için her iki özellik kullanılabilirse de en çok kullanılanı pH dir.

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$$

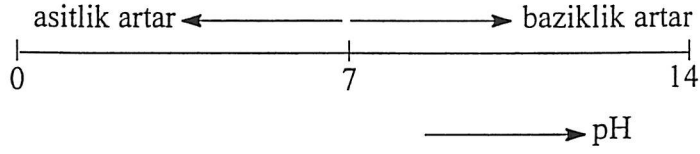
$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}}$$

Aynı şekilde K<sub>su</sub> = [H<sup>+</sup>] . [OH<sup>-</sup>] = 1.10<sup>-14</sup> eşitliğinin her iki tarafının eksi logaritması alınır;

$$\text{pK}_{\text{su}} = \text{pH} + \text{pOH} = 14$$

elde edilir. Bu eşitlik, ortamda çözücü olarak sadece su olduğu sürece doğrudur. Yukarıda belirtildiği gibi, saf suda H<sup>+</sup> ve OH<sup>-</sup> konsantrasyonları 1.10<sup>-7</sup> M olduğundan pH = pOH = 7 dir. Hidrojen iyonu konsantrasyonu hidroksil iyonu konsantrasyonuna eşit veya pH = 7 olan çözeltilere nötral çözeltiler denir. pH < 7 olan çözeltiler asidik ve pH > 7 olan çözeltiler baziktir.



Görüldüğü gibi pH yükseldikçe hidrojen iyonu konsantrasyonu azalmaktadır. Seyreltik çözeltilerde pH ve pOH, genelde 0 dan 14 e kadar değişebilir. Ancak çok derişik çözeltilerde bu aralık dışında pH' dan da söz edilebilir. Örneğin 10 M NaOH için pH = 15 tir. Suda hidrojen ve hidroksil iyonlarına doğrudan katkısı olmayan bir madde çözüldüğü zaman, yüklü taneciklerin dengeleri az çok bozulur ve ortam tam nötral olmaz. Örneğin 1 M NaBr çözeltisinin pH' ı 7 değil 6,87 dir. Bu sapma, seyreltik çözeltilerde çok daha azdır.

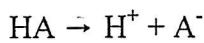
#### 6.2.2. : Asit ve baz çözeltilerinde konsantrasyon ve pH hesabı :

Asit ve baz çözeltilerinin konsantrasyonlarının ve pH' larının hesaplanmasında asit ve bazın kuvvetine göre işlem yapılır. Bir asitin kuvvetinin nicel ölçüsü bu asitin ayrışma sabiti  $K_a$  ile, bir bazın kuvvetinin nicel ölçüsü ise bu bazın ayrışma sabiti  $K_b$  ile belirlenir.  $K_a$  büyüdükçe asitin kuvveti ve  $K_b$  büyüdükçe bazın kuvveti artar (Bakınız *Çizelge 1 ve 2*).

#### " Monoprotik asitlerde konsantrasyon ve pH hesabı "

**Kuvvetli asitler** : Sulu ortamda tamamen iyonlarına ayrışabilen asitlerdir (Örnek HCl). Diğer bir deyişle kuvvetli asitlerin asitlik sabitleri çok büyük veya  $K_a = \infty$  dur. Böyle bir asitin konsantrasyonu  $1 \cdot 10^{-6}$  M dan daha büyük olduğu sürece, çözeltideki hidrojen iyonu konsantrasyonu, asitin başlangıçtaki konsantrasyonuna eşittir.

$C_A$  : HA asitinin başlangıçtaki konsantrasyonu olmak üzere, HA asiti suda



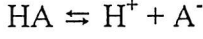
şeklinde iyonlarına ayrışır ve

$$C_A = [HA] = [H^+]$$

eşitliği söz konusudur.

**Zayıf asitler** : Seyreltik çözeltilerinde çok az iyonlarına ayrışabilen yani denge meydana getirebilen asitlerdir (Örnek :  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ).

Zayıf asitler su ortamında



dengeyi meydana getirir. Denge sabiti ise,

$$K_a = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \quad \text{eşitliği ile verilir.}$$

$$[\text{H}^+] = [\text{A}^-]$$

$$[\text{HA}] = C_A - [\text{H}^+] \quad \text{veya} \quad [\text{HA}] = C_A - [\text{A}^-]$$

$$[\text{H}^+] = (K_a \cdot C_A)^{1/2}$$

### " Monoprotik bazlarda konsantrasyon ve pH hesabı "

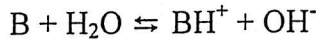
Bir monoprotik baz ister kuvvetli ister zayıf olsun, incelenmesi tıpkı asitlerde olduğu gibidir. Yalnız asitlerdeki  $[\text{H}^+]$  yerine  $[\text{OH}^-]$ ,  $K_a$  yerine  $K_b$ ,  $C_A$  yerine  $C_B$  ve HA yerine B (yükü veya yüksüz) alınır.

**Kuvvetli bazlar** : Sulu ortamda tamamen iyonlarına ayrışabilen bazlardır (Örnek NaOH). Diğer bir deyişle kuvvetli bazların baz sabitleri çok büyük veya  $K_b = \infty$  dur. Böyle bir bazın konsantrasyonu  $1 \cdot 10^{-6}$  M dan daha büyük olduğu sürece,

$$C_B = [\text{B}] = [\text{OH}^-] \quad \text{eşitliği geçerlidir.}$$

**Zayıf bazlar** : Seyreltik çözeltilerinde çok az iyonlarına ayrışabilen yani denge meydana getirebilen bazlardır (Örnek :  $\text{NH}_3$ ).

Zayıf bazlar su ortamında



dengeyi meydana getirir. Denge sabiti ise,

$$K_b = \frac{[\text{BH}^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{B}]} \quad \text{eşitliği ile verilir.}$$

$$[\text{BH}^+] = [\text{OH}^-]$$

$$[\text{B}] = C_B - [\text{OH}^-] \quad \text{veya} \quad [\text{B}] = C_B - [\text{BH}^+]$$

$$[\text{OH}^-] = (K_b \cdot C_B)^{1/2}$$

Çizelge 1: Bazı asitlerin  $K_a$  asitlik sabitleri (25 °C)

Asitin Adı	Formülü	$K_{a1}$	$K_{a2}$	$K_{a3}$
Perklorik asit	HClO <sub>4</sub>	Çok büyük	-----	-----
Sülfürik asit	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Çok büyük	1,2.10 <sup>-2</sup>	-----
Hidroklorik asit	HCl	Çok büyük	-----	-----
Permanganik asit	HMnO <sub>4</sub>	Çok büyük	-----	-----
Selenik Asit	H <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub>	Çok büyük	-----	-----
Nitrik asit	HNO <sub>3</sub>	Çok büyük	-----	-----
Kromik asit	H <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	2,0.10 <sup>-1</sup>	3,2.10 <sup>-7</sup>	-----
İyodat asiti	HIO <sub>3</sub>	1,7.10 <sup>-1</sup>	-----	-----
Trikloroasetik asit	CCl <sub>3</sub> COOH	1,3.10 <sup>-1</sup>	-----	-----
Okzalik Asit	H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	5,6.10 <sup>-2</sup>	7,1.10 <sup>-5</sup>	-----
Sülfüroz asit	H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	1,7.10 <sup>-2</sup>	6,2.10 <sup>-8</sup>	-----
Fosforöz asit	H <sub>3</sub> PO <sub>3</sub>	1,6.10 <sup>-2</sup>	2,6.10 <sup>-7</sup>	-----
Klorik asit	HClO <sub>2</sub>	1,1.10 <sup>-2</sup>	-----	-----
Fosforik asit	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	7,5.10 <sup>-3</sup>	6,2.10 <sup>-8</sup>	4,8.10 <sup>-13</sup>
Arsenik asit	H <sub>3</sub> AsO <sub>4</sub>	5,0.10 <sup>-3</sup>	8,0.10 <sup>-8</sup>	3,0.10 <sup>-13</sup>
Kloroasetik asit	H <sub>2</sub> CClCOOH	1,4.10 <sup>-3</sup>	-----	-----
Ftalik asit	C <sub>8</sub> H <sub>6</sub> O <sub>4</sub>	1,3.10 <sup>-3</sup>	4,0.10 <sup>-6</sup>	-----
Tartarik asit	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>6</sub>	9,4.10 <sup>-4</sup>	3,0.10 <sup>-5</sup>	-----
Hidroflorik asit	HF	7,2.10 <sup>-4</sup>	-----	-----
Nitröz asit	HNO <sub>2</sub>	4,0.10 <sup>-4</sup>	-----	-----
Formik asit	HCOOH	1,7.10 <sup>-4</sup>	-----	-----
Laktik asit	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub>	1,4.10 <sup>-4</sup>	-----	-----
Benzoik asit	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COOH	6,6.10 <sup>-5</sup>	-----	-----
Asetik asit	CH <sub>3</sub> COOH	1,8.10 <sup>-8</sup>	-----	-----
Karbonik asit	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	4,3.10 <sup>-7</sup>	5,6.10 <sup>-11</sup>	-----
Kükürtlü hidrojen	H <sub>2</sub> S	6,0.10 <sup>-8</sup>	1,2.10 <sup>-15</sup>	-----
Hipokloröz asit	HClO	3,2.10 <sup>-8</sup>	-----	-----
Germanik asit	H <sub>4</sub> GeO <sub>4</sub>	2,5.10 <sup>-9</sup>	1,0.10 <sup>-13</sup>	-----
Hipobromöz asit	HBrO	2,0.10 <sup>-9</sup>	-----	-----
Hidrosiyamik asit	HCN	7,2.10 <sup>-10</sup>	-----	-----
Arsenöz asit	H <sub>3</sub> AsO <sub>3</sub>	6,5.10 <sup>-10</sup>	3,0.10 <sup>-14</sup>	-----
Borik asit	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	6,0.10 <sup>-10</sup>	-----	-----
Fenol	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	1,3.10 <sup>-10</sup>	-----	-----

Çizelge 2 : Bazı bazların  $K_b$  baz sabitleri (25 °C)

Bazın Adı	Formülü	$K_{b1}$	$K_{b2}$
Potasyum hidroksit	KOH	Çok büyük	-----
Sodyum hidroksit	NaOH	Çok büyük	-----
Baryum hidroksit	Ba(OH) <sub>2</sub>	Çok büyük	$2,2 \cdot 10^{-1}$
Kalsiyum hidroksit	Ca(OH) <sub>2</sub>	Çok büyük	$3,2 \cdot 10^{-2}$
Piperidin	C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> N	$1,3 \cdot 10^{-3}$	-----
Kurşun hidroksit	Pb(OH) <sub>2</sub>	$9,6 \cdot 10^{-4}$	$3,0 \cdot 10^{-8}$
Dimetilamin	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>	$5,8 \cdot 10^{-4}$	-----
Etilamin	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	$5,8 \cdot 10^{-4}$	-----
1-Bütülin	(CH <sub>3</sub> )(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>	$4,0 \cdot 10^{-4}$	-----
Etilendiamin	NH <sub>2</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>	$8,5 \cdot 10^{-5}$	$7,1 \cdot 10^{-8}$
Trimetilamin	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N	$6,3 \cdot 10^{-5}$	-----
Hidrazin	NH <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>	$3,0 \cdot 10^{-6}$	-----
Amonyak	NH <sub>3</sub>	$1,8 \cdot 10^{-5}$	-----
Hidroksilamin	HONH <sub>2</sub>	$11 \cdot 10^{-8}$	-----
Metiamin	CH <sub>3</sub> NH <sub>2</sub>	$4,6 \cdot 10^{-9}$	-----
Kinolin	C <sub>9</sub> H <sub>7</sub> N	$2,0 \cdot 10^{-9}$	-----
Piridin	C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> N	$1,4 \cdot 10^{-9}$	-----
Anilin	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	$3,8 \cdot 10^{-10}$	-----
Su	H <sub>2</sub> O	$1,8 \cdot 10^{-16}$	-----
Glisin	NH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> COOH	$2,2 \cdot 10^{-19}$	-----

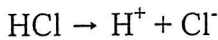
Şimdi derişimi verilen monoproitik asit veya baz çözeltisinin pH ve pOH' ının ve pH' ı veya pOH' ı verilen monoproitik asit veya baz çözeltisindeki hidrojen ve hidroksil iyonları derişimlerinin hesapla bulunmasına dair birkaç örnek yapalım:

**Örnek 1 :** Konsantrasyonu  $2 \cdot 10^{-1}$  M olan HCl çözeltisinin

- hidrojen iyonu ve hidroksil iyonu konsantrasyonunu
- pH ve pOH' ını hesaplayınız.

**Cevap :**

- HCl kuvvetli bir asit olduğundan suda tamamen iyonlarına ayrışır.



$$C_A = [\text{HCl}] = [\text{H}^+] = 2 \cdot 10^{-1} \text{ M}$$

$$[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 1 \cdot 10^{-14}$$

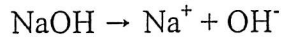
$$2 \cdot 10^{-1} \cdot [\text{OH}^-] = 1 \cdot 10^{-14} \Rightarrow [\text{OH}^-] = 5 \cdot 10^{-14} \text{ M}$$

$$\begin{aligned}
\text{b) } [H^+] &= 2 \cdot 10^{-1} \text{ M} \\
\text{pH} &= -\log [H^+] = -\log (2 \cdot 10^{-1}) = 0,7 \\
\text{pH} + \text{pOH} &= 14 \\
0,7 + \text{pOH} &= 14 \\
\text{pOH} &= 14 - 0,7 = 13,3 \text{ veya} \\
[\text{OH}^-] &= 5 \cdot 10^{-14} \text{ M} \\
\text{pOH} &= -\log [\text{OH}^-] \\
\text{pOH} &= -\log (5 \cdot 10^{-14}) = 13,3
\end{aligned}$$

**Örnek 2 :** Konsantrasyonu  $2 \cdot 10^{-3}$  M olan NaOH çözeltisinin pOH ve pH' ını hesaplayınız.

**Cevap :**

NaOH kuvvetli bir baz olduğu için suda tamamen iyonlarına ayrışır.



$$C_B = [\text{NaOH}] = [\text{OH}^-] = 2 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$[H^+] \cdot [\text{OH}^-] = 1 \cdot 10^{-14}$$

$$[H^+] \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 1 \cdot 10^{-14} \Rightarrow [H^+] = 5 \cdot 10^{-12} \text{ M}$$

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]$$

$$\text{pOH} = -\log (2 \cdot 10^{-3}) = 2,7$$

$$\text{pH} = -\log [H^+] = -\log (5 \cdot 10^{-12}) = 11,3 \text{ veya}$$

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$

$$\text{pH} + 2,7 = 14$$

$$\text{pH} = 14 - 2,7 = 11,3$$

**Örnek 3 :** pH' ı 5,70 olan bir çözeltinin hidrojen iyonu konsantrasyonunu hesaplayınız.

**Cevap :**

$$\text{pH} = -\log [H^+]$$

$$5,70 = -\log [H^+]$$

$$-5,70 = \log [H^+]$$

$$\text{antilog} (-5,70) = \text{antilog} (\log [H^+])$$

$$\text{antilog} (-5,70) = [H^+] \Rightarrow [H^+] = 2 \cdot 10^{-6} \text{ M}$$

**Örnek 4 :** Konsantrasyonu 0,1 M olan  $H_3BO_3$  çözeltisinde bütün türlerin konsantrasyonunu ve çözeltinin pH ve pOH' ını hesaplayınız.

( $H_3BO_3$  için  $K_a = 6.10^{-10}$ )

**Cevap :**

$H_3BO_3$  zayıf bir asittir. Bu nedenle su ortamında

$H_3BO_3 \rightleftharpoons H^+ + H_2BO_3^-$  dengesi daha çok sola kaymıştır.

$$K_a = \frac{[H^+] \cdot [H_2BO_3^-]}{[H_3BO_3]}$$

$$C_A = 0,1 \text{ M}$$

$$[H^+] = (K_a \cdot C_A)^{1/2}$$

$$[H^+] = (6.10^{-10} \cdot 0,1)^{1/2} = 7,75 \cdot 10^{-6} \text{ M}$$

$$[H_3BO_3] = C_A - [H^+]$$

$$[H_3BO_3] = 100000 \cdot 10^{-6} - 7,75 \cdot 10^{-6} \cong 0,1 \text{ M}$$

$$[H_2BO_3^-] \cong [H^+]$$

$$[H_2BO_3^-] = 7,75 \cdot 10^{-6} \text{ M}$$

$$[H^+] \cdot [OH^-] = 1.10^{-14}$$

$$7,75 \cdot 10^{-6} \cdot [OH^-] = 1.10^{-14} \quad \Rightarrow \quad [OH^-] = 1,3.10^{-9} \text{ M}$$

$$pH = -\log [H^+]$$

$$pH = -\log (7,75.10^{-6}) = 5,11$$

$$pOH = -\log [OH^-]$$

$$pOH = -\log (1,3.10^{-9}) = 8,89$$

**Örnek 5 :** Konsantrasyonu  $1.10^{-3}$  M olan  $NH_3$  çözeltisinde bütün türlerin konsantrasyonunu ve çözeltinin pH ve pOH' ını hesaplayınız.

( $NH_3$  için  $K_b = 1,8.10^{-5}$ )

**Cevap :**

$NH_3$  zayıf bir bazdır. Bu nedenle su ortamında

$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$  dengesini meydana getirir.

$$K_b = \frac{[NH_4^+] \cdot [OH^-]}{[NH_3]}$$



$$C_B = 1 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$[\text{OH}^-] = (K_b \cdot C_B)^{1/2}$$

$$[\text{OH}^-] = (1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1 \cdot 10^{-3})^{1/2} = 1,34 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

$$[\text{NH}_4^+] = [\text{OH}^-] = 1,34 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

$$[\text{NH}_3] = C_B - [\text{OH}^-]$$

$$[\text{NH}_3] = 1 \cdot 10^{-3} - 1,34 \cdot 10^{-4} = 8,66 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

$$[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 1 \cdot 10^{-14}$$

$$[\text{H}^+] \cdot 1,34 \cdot 10^{-4} = 1 \cdot 10^{-14} \quad \Rightarrow \quad [\text{H}^+] = 7,46 \cdot 10^{-11} \text{ M}$$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

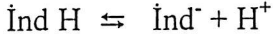
$$\text{pH} = -\log (7,46 \cdot 10^{-11}) = 10,1$$

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]$$

$$\text{pOH} = -\log (1,34 \cdot 10^{-4}) = 3,90$$

### 6.2.3. pH İndikatörleri :

Ortamın hidrojen iyonu konsantrasyonuna göre renk değiştiren organik zayıf asit ve bazlara pH indikatörü denir. Asidik indikatörler **İnd H**, bazik indikatörler **İnd OH** şeklinde gösterilecek olursa; ortamda



$$K_i = \frac{[\text{H}^+][\text{İnd}^-]}{[\text{İnd H}]} \Rightarrow [\text{H}^+] = K_i \frac{[\text{İnd H}]}{[\text{İnd}^-]}$$

İnd H ve İnd<sup>-</sup> farklı renklerde olduğundan, ortamın rengini  $[\text{İnd H}] / [\text{İnd}^-]$  tayin eder. Yalnız göz, renklerin her orandaki karışımını ayırt edemez. Gözün ayırt edebileceği renk karışımlarının oranı yaklaşık 1/10 - 10 dur.

$$\text{pH} = \text{p}K_i - \log \frac{[\text{İnd H}]}{[\text{İnd}^-]}$$

Bundan dolayı her pH indikatörü,  $\text{pH} = \text{p}K_i \pm 1$  aralığında renk değiştirir. Bu da bir pH indikatörünün ancak iki pH birimi aralığında kullanılıncaya asit-baz ayırımı yapılabileceği anlamına gelir. İndikatörlerin pK<sub>i</sub> değeri farklı olduğundan, 0 ile 14 aralığındaki pH' ı ölçmek için çeşitli indikatörler kullanılır (Bakınız *Çizelge 3*).

#### ***pH indikatörleri ile pH ölçümü :***

Örneğin; bir çözeltilerden alınan bir kısma bir veya iki damla 2,6-dinitrofenol damlatıldığında rengi sarı, başka bir kısma birkaç damla bromfenol damlatıldığında rengi eflatun oluyorsa, *Çizelge 3* yardımı ile bu çözeltilenin pH' ının 4,5 - 4,6 aralığında olduğu sonucuna varılır. Ancak bu kadar doğru pH' ı her zaman ölçmek mümkün olmayabilir.

## 7. DENEY : " İndikatörlerin Farklı pH' larda Renklerinin İncelenmesi "

### 7.1. Giriş

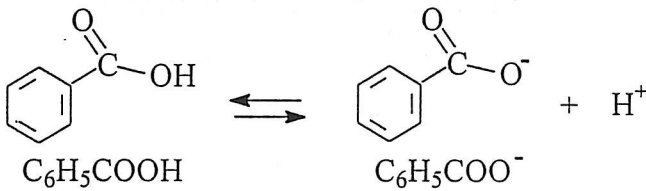
Günümüzde pH ölçümünün, diş çürüklerindeki pH ve deri üzerindeki terin pH' ından midenin asitliğini ölçmeye kadar pek çok kullanım alanı vardır.

Bir ortamın pH' ı:

1. Uygun *indikatörlerin* söz konusu ortamdaki rengi incelenerek,
2. *pH-Metre* adı verilen elektronik bir cihaz kullanarak,
3. Bilinen indikatörlerin belli pH aralığında belli oranlarda karışımı hazırlanarak kağıda emdirilmesi ile elde edilen ve 0,2 birim pH değişimine duyarlı *pH kağıdı* kullanarak, üç yolla ölçülebilir.

Yapılacak olan deneysel çalışmada, 1.yol ile pH ölçümü gerçekleştirilecektir. Bu deneyde pH' ı 3 - 11 aralığında değişen çözeltiler hazırlanacak, bu pH' larda *bromfenol mavisi*, *metil kırmızısı*, *bromtimol mavisi*, *fenolftalein* ve *alizarin sarısı* indikatörlerinin renkleri incelenecek ve bu indikatörlerin renk değiştirdiği pH aralığı bulunacaktır. Deney gözlemlerinden yararlanılarak, monoprotik zayıf bir asit olan benzoik asitin ( $C_6H_5COOH$ )  $K_a$  asitlik sabiti hesaplanacaktır. Daha önceden genel bilgiler bölümünde belirtildiği gibi; kuvvetli asitlerde, ortamın hidrojen iyonu konsantrasyonu asitin konsantrasyonuna eşit alınabilir. Ancak zayıf asitlerde, ortamın hidrojen iyonu konsantrasyonu zayıf asitin % 100 iyonlarına ayrışmamasından dolayı asitin konsantrasyonuna eşit alınamaz. Bu bilgi doğrultusunda; indikatörlerin pH' ı bilinen çözeltilerdeki renkleri ile  $1.10^{-2}$  M benzoik asit çözeltisindeki renkleri karşılaştırılarak,  $1.10^{-2}$  M benzoik asit çözeltisinin pH' ı bulunacak ve bu çözeltideki tüm türlerin konsantrasyonu hesaplanarak  $K_a$  asitlik sabitine geçilecektir.

Benzoik asit su ortamında aşağıdaki dengeyi meydana getirir.



$$K_a = \frac{[H^+] \cdot [C_6H_5COO^-]}{[C_6H_5COOH]} \quad \text{eşitliği kullanılarak } K_a \text{ bulunabilir.}$$

## 7.2. Deney için gerekli olan kimyasal madde ve malzemeler

Kimyasal madde	Malzeme
$1.10^{-3}$ M HCl çözeltisi	250 mL' lik beher (10 adet)
$1.10^{-3}$ M NaOH çözeltisi	Deney tüpü (55 adet)
$1.10^{-2}$ M $C_6H_5COOH$ çözeltisi	Baget (2 adet)
Bromfenol mavisi	5 mL' lik pipet (2 adet)
Metil kırmızısı	Saf su şişesi (1 adet)
Bromtimol mavisi	Ayarlı Puar (1 adet)
Fenolftalein	Tüplük (2 adet, 20 lik)
Alizarin sarısı	Bunsen beki (1 adet)
	Üç ayak (1 adet)
	Amyant (1 adet)
	Etiket
	Temizlik malzemeleri (deterjan, fırça)
	pH-Metre

Not : Yukarıda verilen kimyasal madde ve malzemeleri, gruptaki tüm öğrenciler bir arada kullanacaklardır. Bu nedenle deneysel çalışmaya başlamadan önce öğrencilerin ellerinde var olan malzemeleri hazır olarak bulundurması gerekmektedir.

## 7.3. Deneyin yapılışı

1) 200 mL saf suyu 250 mL' lik behere koyarak kaynatınız ve soğumaya bırakınız. Kaynatmadaki amaç, saf suyun içinde var olan ve havadan gelen  $CO_2$ ' i uzaklaştırmaktır. Böylece suyun içinde çözünerek suyu biraz asidik yapan  $CO_2$ ' in uzaklaştırılması sonucunda, suyun pH' ı 7 ye yaklaşacak ve bu su, seyreltme işlemleri için kullanılacaktır.

2) 250 mL' lik dokuz adet beheri birer aralıklarla, pH = 3 ten pH = 11 e kadar numaralandırınız.

3) 3 numaralı behere, 110 mL  $1.10^{-3}$  M HCl çözeltisi koyunuz (pH = 3).

4) 4 numaralı behere, 3 numaralı beherdeki  $1.10^{-3}$  M HCl çözeltisinden aldığınız 10 mL' lik bir kısmı koyunuz. Bu çözeltiye 90 mL kaynatılmış saf sudan ilave ediniz ve bir bagetle karıştırınız. Böylece 4 numaralı beherde, hidrojen iyonu konsantrasyonu  $1.10^{-4}$  M (pH = 4) olan bir çözelti elde etmiş olursunuz.

$$M_1 \cdot V_1 = M_{H^+} \cdot V_2$$

$$1.10^{-3} \cdot 10 = M_{H^+} \cdot (10 + 90)$$

$$1.10^{-2} = 100 \cdot M_{H^+} \Rightarrow M_{H^+} = 1.10^{-4} \text{ M (pH = 4)}$$

5) pH' 5 ten 9 a kadar değişen hazır çözeltilerin her birisinden 100 mL alarak, aynı pH değeri etiketlenmiş behere koyunuz (Örneğin 5 numaralı behere yalnızca pH = 5 olan çözeltiden koyunuz).

6) 11 numaralı behere 110 mL  $1.10^{-3}$  M NaOH çözeltisi koyunuz.

7) 10 numaralı behere, 11 numaralı beherdeki  $1.10^{-3}$  M NaOH çözeltisinden aldığınız 10 mL' lik bir kısmı koyunuz. Bu çözeltiye 90 mL kaynatılmış saf sudan ilave ediniz ve bir bagetle karıştırınız. Böylece 10 numaralı beherde,  $1.10^{-4}$  M NaOH çözeltisi veya diğer bir deyişle hidrojen iyonu konsantrasyonu  $1.10^{-10}$  M (pH = 10) olan bir çözelti elde etmiş olursunuz.

$$M_1 \cdot V_1 = M_{OH^-} \cdot V_2$$

$$1.10^{-3} \cdot 10 = M_{OH^-} \cdot (10 + 90)$$

$$1.10^{-2} = 100 \cdot M_{OH^-} \quad \Rightarrow \quad M_{OH^-} = 1.10^{-4} \text{ M}$$

$$[H^+] [OH^-] = 1.10^{-14}$$

$$[H^+] 1.10^{-4} = 1.10^{-14}$$

$$[H^+] = 1.10^{-10} \text{ M} \quad (\text{pH} = 10)$$

8) Temiz ve kuru olan 9 deney tüpünü 3 ten 11 e kadar numaralandırarak etiketleyiniz ve tüplüęe diziniz.

9) pH' ı 3 ten 11 e kadar değişen 9 çözeltilerin her birisinden 20 mL alarak aynı numaralı deney tüpüne koyunuz.

10) Her bir deney tüpüne iki damla bromfenol mavisi indikatör çözeltisinden ekleyiniz. Deney tüplerini iyice çalkalayınız, oluşan renkleri *Veri Çizelgesi I* e yazınız.

11) Bir deney tüpüne 20 mL  $1.10^{-2}$  M  $C_6H_5COOH$  çözeltisi koyunuz ve bu çözeltiye 2 damla bromfenol mavisi indikatör çözeltisi damlatınız. Oluşan rengi 11 numaralı işlemde elde ettiğiniz renkler ile karşılaştırarak benzoik asit ( $C_6H_5COOH$ ) çözeltilisinin, bu çözeltilerle uyduğu pH aralığını tespit ediniz. Gözlemlerinizi *Veri Çizelgesi II* ye kaydediniz.

12) 8, 9, 10 ve 11 numaralı işlemleri; metil kırmızısı, brotimol mavisi, fenolftalein ve alizarin sarısı indikatörlerini kullanarak yineleyiniz.

*Veri Çizelgesi I* : İndikatörlerin değişik pH' lardaki rengi

pH	Bromfenol mavisi	Metil kırmızısı	Bromtimol mavisi	Fenolftalein	Alizarin sarısı
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					

*Veri Çizelgesi II* :  $C_6H_5COOH$  çözeltisinin değişik indikatörler ile verdiği renkler ve öngörülen pH aralıkları

İndikatör	$C_6H_5COOH$	
	Renk	pH
Bromfenol mavisi		
Metil kırmızısı		
Bromtimol mavisi		
Fenolftalein		
Alizarin sarısı		

#### 7.4. Deney sonuçlarının değerlendirilmesi

Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

- 1)  $C_6H_5COOH$  çözeltisinin pH' ı :
- 2) Benzoik asitin  $K_a$  asitlik sabiti :

#### 8. pH-METRE İLE pH ÖLÇÜMÜ

pH' ını indikatörler yardımı ile belirlediğimiz monoprotik asit çözeltisinin pH' ını, pH-metreden okuyunuz.