

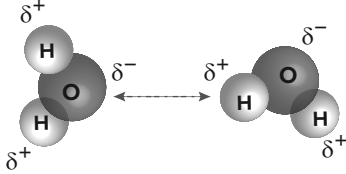


KİMYASAL TEPKİMELERDE DENGE

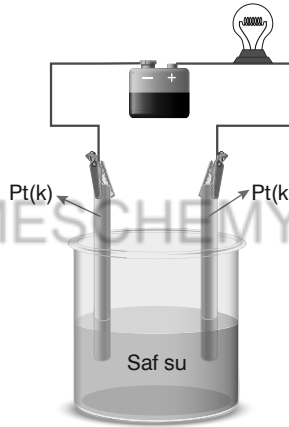
Sulu Çözelti Dengeleri

SUYUN OTO-İYONİZASYONU

SUYUN İLETKENLİĞİ



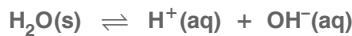
- Su molekülleri arasında baskın olan etkileşim kuvveti hidrojen bağıdır. Ancak moleküller arası dipol – dipol etkileşimleri ve London etkileşimleri de vardır.
- Bu bağların oluşması sırasında az sayıda su moleküllerindeki H^+ iyonu kopar ve bir diğer su molekülüne bağlanır. Bu durumda ortamda bir OH^- (hidroksit) iyonu ile bir H_3O^+ (hidronyum) iyonu oluşur.
- Saf su için bu durumun gerçekleşmesi suyun çok az da olsa elektrik akımını ilettiği sonucuna ulaşmamızı sağlar.
- Sonuç olarak saf su (H_2O) mutlak yalıtkan bir madde değildir. Bununla beraber saf su elektrik akımı iletmeye karşı oldukça isteksiz olan bir maddedir.



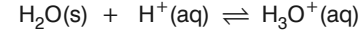
Saf suyun elektrik iletkenliği bir lambayı yakabilecek bir potansiyele sahip değildir.

SUYUN İYONLAŞMASI

- Saf suda bulunan su moleküllerinin çok az bir kısmı aşağıdaki gibi iyonlaşabilir.

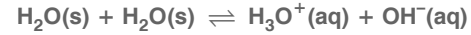


- Suyun bu şekilde kendiliğinden iyonlaşma olayı **suyun oto-iyonizasyonu (otoprotolizi)** olarak tanımlanır.
- Bu olay sırasında suda oluşan H^+ iyonu yalnızca bir protondur. H^+ iyonu çok küçük bir yarıçapa sahip olduğundan ortamdaki su moleküllerinden birine bağlanır ve H_3O^+ iyonunu (hidronyum) oluşturur.

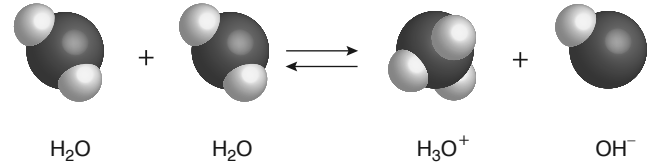


- Yani suyun oto-iyonizasyonunda 2 tane su molekülünden biri iyonlaşırken, diğeri iyonlaşma sonucu oluşan H^+ iyonunu kendine bağlar.

Suyun oto-iyonizasyonu, tek bir basamakta,

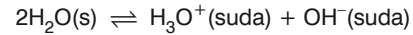
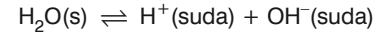


şeklinde gösterilir.



Suyun oto-iyonizasyonunda iki su molekülü hidronyum ve hidroksit iyonunu oluşturur.

- Suyun oto-iyonizasyonu bir denge olayıdır. Bu olayın denge denklemi aşağıdaki şekillerde olduğu gibi yazılabilir.



- Denge bağıntısı saf suya ait bir denge için yazılacağından K_{su} şeklinde gösterilir. Bu denge sabitine **suyun iyonlaşma sabiti (K_{su})** denir.
- H_3O^+ iyonu ve H^+ iyonu birbirinin yerine kullanılabilir.

FORMÜL

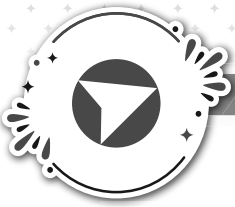
$$K_{su} = [H^+].[OH^-]$$

$$K_{su} = [H_3O^+].[OH^-]$$

- Standart koşullarda (1 atm basınç ve 25 °C) deneysel olarak ölçülen değerlere göre saf su içinde 10^{-7} molar H^+ ve 10^{-7} molar OH^- iyonu bulunur.
- Bu nedenle **standart koşullarda** suyun iyonlaşma denge sabiti $K_{su} = 10^{-14}$ tür.

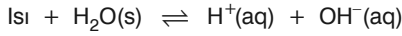
BİLGİ

Suyun iyonlaşma sabiti (K_{su}) bir denge sabiti olduğundan sadece sıcaklık etkisiyle değişir.



Sulu Çözelti Dengeleri

➤ Suyun oto-iyonizasyonu endotermik bir olaydır.



- Sıcaklık artırılırsa denge ürünler yönüne kayar. Hem H^+ hem de OH^- derişimleri aynı miktarda artar ve son durumda da eşit olurlar. Bu durumda çarpımları olan K_{su} değeri büyür.
- Sıcaklık azaltılırsa denge girenler yönüne kayar. Hem H^+ hem de OH^- derişimleri aynı miktarda azalır ve son durumda da eşit olurlar.
- Bu durumda çarpımları olan K_{su} değeri küçülür.

Sıcaklık (°C)	K_{su}
0	$0,113 \times 10^{-14}$
10	$0,292 \times 10^{-14}$
25	$1,008 \times 10^{-14}$
30	$1,468 \times 10^{-14}$
40	$2,917 \times 10^{-14}$
50	$5,473 \times 10^{-14}$

Saf suyun farklı sıcaklıklardaki iyonlaşma sabitleri

Örnek

Saf su ile ilgili;

- I. Yapısında az miktarda hidronyum ve hidroksit iyonları içerir.
- II. Molekülleri arası baskın etkileşim London etkileşimleridir.
- III. Hidronyum iyonu oluşurken H^+ iyonu ile H_2O molekülü arasında hidrojen bağı oluşmuştur.

yargılarından hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II
D) I ve III E) I, II ve III

Çözüm..

Örnek

Suyun oto-iyonizasyonu ile ilgili;

- I. Endotermik bir olaydır.
- II. Sıcaklık artırılırsa H_3O^+ iyon derişimi, OH^- iyon derişiminden büyük olur.
- III. 40 °C deki K_{su} değeri, 15 °C deki K_{su} değerinden büyüktür.

yargılarından hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) I ve II C) I ve III
D) II ve III E) I, II ve III

Çözüm..

ÇÖZELTİLERDEKİ H^+ VE OH^- DERİŞİMLERİNİN DEĞİŞİMİ

Saf suda iyon derişimleri eşittir. Saf suda yemek tuzu, çay şekeri ve etil alkol gibi maddeler çözündüğünde de ortamdaki H^+ ve OH^- iyon derişimleri değişmez. Bu nedenle bu maddelerin sulu çözeltilerinde de H^+ ve OH^- derişimleri eşit olur.

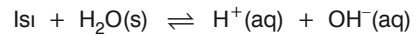
- Saf sudaki gibi H^+ ve OH^- iyonları derişimleri eşit olan sulu çözeltilere **nötral çözelti** adı verilir.

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] \Rightarrow \text{Çözelti nötraldir.}$$

- Buna göre nötral çözeltiler için standart koşullarda $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7} \text{ mol/L}$ dir.

BİLGİ

Suyun iyonlaşması bir denge olayı olduğundan, iyon derişimlerinden birisi sabit sıcaklıkta değişecek şekilde bir etki yapıldığında denge sistemi o etkiyi azaltacak yöne hareket eder. Böylece iyon derişimlerinin çarpımı sabit kalır.



Sıcaklık dışında dengeyi girenler ya da ürünler yönüne kaydıran etkenler K_{su} değerini değiştirmez. Sabit sıcaklıkta;

- H^+ derişimi artarsa, OH^- derişimi azalır. K_{su} değişmez.
- OH^- derişimi artarsa, H^+ derişimi azalır. K_{su} değişmez.



- H^+ iyonu derişimi, OH^- iyonu derişiminden fazla olan sulu çözeltiler **asidik çözeltiler**dir.

$$[H^+] > [OH^-] \Rightarrow \text{Çözelti asidiktir.}$$

- Buna göre asidik çözeltiler için standart koşullarda, $[H^+] > 10^{-7} \text{ mol/L}$ ve $[OH^-] < 10^{-7} \text{ mol/L}$ dir.

- OH^- iyonu derişimi, H^+ iyonu derişiminden fazla olan sulu çözeltiler **bazik çözeltiler**dir.

$$[OH^-] > [H^+] \Rightarrow \text{Çözelti baziktir.}$$

- Buna göre bazik çözeltiler için standart koşullarda, $[OH^-] > 10^{-7} \text{ mol/L}$ ve $[H^+] < 10^{-7} \text{ mol/L}$ dir.

Örnek

Oda koşullarında H_3O^+ iyonu derişimi 10^{-3} M olan bir sulu çözeltili için;

- I. Asidik özellik gösterir.
- II. OH^- iyonu derişimi 10^{-11} molardır.
- III. $[H^+] > [OH^-]$ dir.

yargılarından hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve III
D) II ve III E) I, II ve III

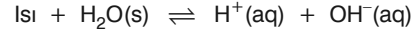
Çözüm..

Örnek

Oda koşullarında H^+ iyonu derişimi 2×10^{-6} molar olan sulu çözeltilinin OH^- iyonu derişimi kaç molardır?

- A) 10^{-14} B) $2,5 \times 10^{-10}$ C) 5×10^{-9}
D) $2,5 \times 10^{-9}$ E) 5×10^{-11}

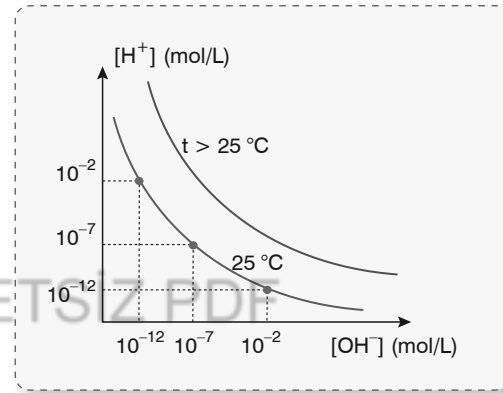
Çözüm..



Suyun iyonlaşmasına ait yukarıdaki dengeyi etkileyen olayları inceleyelim ve bu olaylar sırasında iyon derişimlerinin nasıl değiştiklerini belirleyelim...

Sabit Sıcaklıkta Saf Suya Asit ya da Baz Eklenmesi

- **Saf suya asit eklenirse;** ➤ **Saf suya baz eklenirse;**
- H^+ iyonu derişimi artar ➤ OH^- iyonu derişimi artar
 - Denge girenler yönüne kayar. ➤ Denge girenler yönüne kayar.
 - OH^- iyonu derişimi azalır. ➤ H^+ iyonu derişimi azalır.
 - $[H^+].[OH^-]$ çarpımı değişmez. ➤ $[H^+].[OH^-]$ çarpımı değişmez.

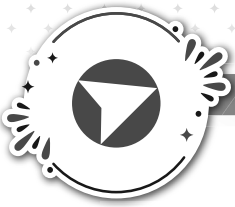


Asit Çözeltisinde H^+ ve OH^- Derişimi Değişmesi (T sabit)

- **Asit çözeltilisine su eklenirse;** ➤ **Asit çözeltilisine asit eklenirse;**
- H^+ iyonu derişimi azalır. ➤ H^+ iyonu derişimi artar.
 - Denge ürünler yönüne kayar. ➤ Denge girenler yönüne kayar.
 - OH^- iyonu derişimi artar. ➤ OH^- iyonu derişimi azalır.
 - $[H^+].[OH^-]$ çarpımı değişmez. ➤ $[H^+].[OH^-]$ çarpımı değişmez.
- Asit çözeltilisinden su buharlaştırılırsa, derişim arttığı için asit eklendiğinde oluşan değişimler gerçekleşir.

Baz Çözeltisinde H^+ ve OH^- Derişimi Değişmesi (T sabit)

- **Baz çözeltilisine su eklenirse;** ➤ **Baz çözeltilisine baz eklenirse;**
- OH^- iyonu derişimi azalır. ➤ OH^- iyonu derişimi artar.
 - Denge ürünler yönüne kayar. ➤ Denge girenler yönüne kayar.
 - H^+ iyonu derişimi artar. ➤ H^+ iyonu derişimi azalır.
 - $[H^+].[OH^-]$ çarpımı değişmez. ➤ $[H^+].[OH^-]$ çarpımı değişmez.
- Baz çözeltilisinden su buharlaştırılırsa, derişim arttığı için baz eklendiğinde oluşan değişimler gerçekleşir.



Sulu Çözelti Dengeleri

Örnek

Doymamış HNO_3 sulu çözeltisine;

- I. Su eklenirse OH^- derişimi artar.
- II. Sabit sıcaklıkta su buharlaştırılırsa K_{su} değişmez.
- III. Derişik HNO_3 çözeltisi eklenirse H^+ derişimi artar.

yargılarından hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) I ve II C) I ve III
D) II ve III E) I, II ve III

Çözüm..

Örnek

Oda koşullarında yandaki sulu çözeltiye 300 mL su eklendiğinde,

- I. H^+ iyonu derişimi 2×10^{-2} M olur.
- II. OH^- iyonu derişimi 5×10^{-13} molar olur.
- III. K_{su} değeri değişmez.

yargılarından hangileri doğru olur?

- A) Yalnız I B) I ve II C) I ve III
D) II ve III E) I, II ve III

Çözüm..

Örnek

Oda koşullarında OH^- iyonu derişimi $1,25 \times 10^{-12}$ M olan sulu çözeltiye aynı sıcaklıkta hacminin 3 katı kadar su eklendiğinde OH^- iyonu derişimi kaç M olur?

- A) 10^{-12} B) $2,5 \times 10^{-10}$ C) 4×10^{-9}
D) 5×10^{-12} E) 5×10^{-11}

Çözüm..

pH VE pOH KAVRAMLARI

- Sulu çözeltilerdeki H^+ ve OH^- iyon derişimleri genellikle üslü sayılardır. İşlemlerde kolaylık sağlanması açısından değerlerin eksi logaritmaları alınarak üslerinden arındırılır.
- Tarihte ilk defa Danimarkalı bir bilim insanı olan Søren Sørensen tarafından 1909 da pH kavramı ortaya konulmuştur.
- H^+ iyon derişiminin eksi logaritması pH değerini verir.
- OH^- iyon derişiminin eksi logaritması pOH değerini verir.

FORMÜL

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] \quad \text{ve} \quad \text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]$$

- 25 °C deki saf suda, $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-7}$ mol/L dir. Bu koşullardaki suyun pH ve pOH değerlerini bulalım.
 $\text{pH} = -\log [\text{H}^+] \Rightarrow \text{pH} = -\log (1 \times 10^{-7}) \Rightarrow \text{pH} = 7$
 $\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] \Rightarrow \text{pH} = -\log (1 \times 10^{-7}) \Rightarrow \text{pOH} = 7$
 $\text{pH} = \text{pOH} = 7$

- pH ve pOH arasındaki ilişkiyi bulmak için, saf suyun iyonlaşma bağıntısının her iki tarafının eksi logaritması alındığında,

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

$$-\log(K_{\text{su}}) = -\log([\text{H}^+].[\text{OH}^-])$$

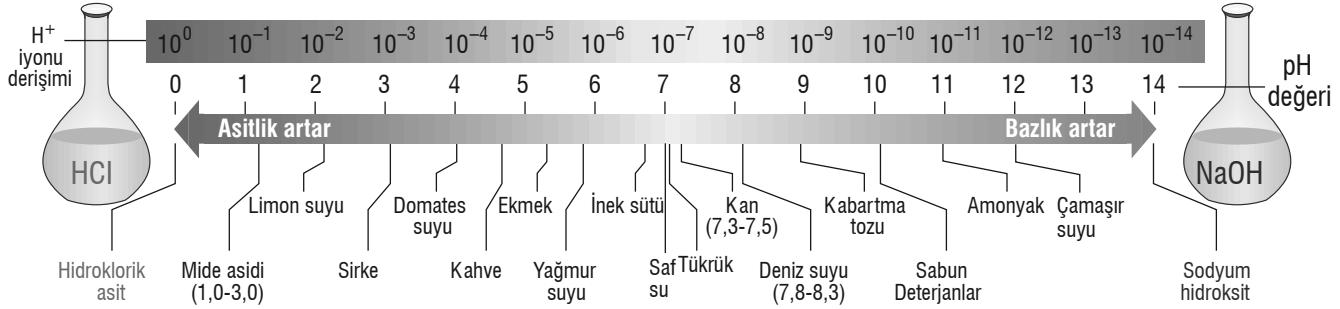
$$-\log(K_{\text{su}}) = (-\log [\text{H}^+]) + (-\log [\text{OH}^-])$$

$$\text{p}K_{\text{su}} = \text{pH} + \text{pOH} \quad \text{bağıntısı elde edilir.}$$

- Standart koşullarda, $K_{\text{su}} = 1 \times 10^{-14}$ olduğuna göre,
 $\text{p}K_{\text{su}} = -\log(1 \times 10^{-14}) = 14$ olur.

FORMÜL

$$\text{pH} + \text{pOH} = \text{p}K_{\text{su}}$$

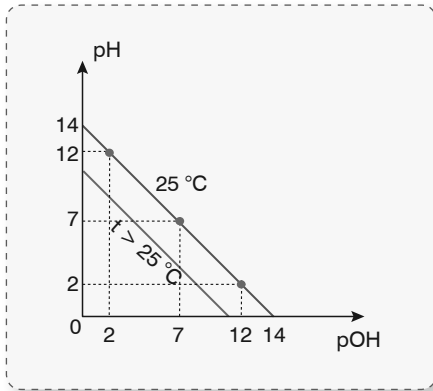


- Sulu çözeltilerin asitlik ya da bazlık derecelerinin ifadesi için genellikle pH değerleri kullanılır.
- Bir sulu çözeltinin H⁺ derişimi, OH⁻ derişimi, pH değeri ya da pOH değeri büyüklüklerinden herhangi biri biliniyor ise diğerleri kolaylıkla hesaplanır.

BİLGİ

Oda koşullarındaki sulu çözeltilerin pH değerleri genellikle 0 -14 aralığında ifade edilse de çok derişik asit çözeltilerinde pH değeri 0 dan küçük, dolayısıyla pOH değeri de 14 den büyük olabilir. Buna benzer durum baz çözeltileri için de geçerlidir.

Nötr çözelti	Asidik çözelti	Bazik çözelti
[H ⁺] = 1 x 10 ⁻⁷ M	[H ⁺] > 1 x 10 ⁻⁷ M	[H ⁺] < 1 x 10 ⁻⁷ M
[OH ⁻] = 1 x 10 ⁻⁷ M	[OH ⁻] < 1 x 10 ⁻⁷ M	[OH ⁻] > 1 x 10 ⁻⁷ M
pH = 7	pH < 7	pH > 7
pOH = 7	pOH > 7	pOH < 7



25 °C deki sulu çözeltilerde pH + pOH = 14 değerine eşittir.

Bir çözeltide biri arttıkça diğeri azalır.

Asitlik ve Bazlığın Değişmesi

- Sulu çözeltilerdeki H⁺ ve OH⁻ derişimleri asitlik ve bazlığın ölçüsüdür.
- H⁺ derişimi arttıkça; OH⁻ derişimi azalır, pH azalır ve pOH artar. Bu durumda asitlik artar, bazlık azalır.
- H⁺ derişimi azaldıkça; OH⁻ derişimi artar, pH artar ve pOH azalır. Bu durumda asitlik azalır, bazlık artar.

Kuvvetli Asitler ve Bazlarda pH - pOH Hesapları

- Kuvvetli asitlerde ve kuvvetli bazlarda tam iyonlaşma olduğundan asit ya da baz çözeltisinin derişimi biliniyor ise çözeltideki H⁺ ve OH⁻ iyon derişimleri de biliniyor demektir.
- 0,2 M HNO₃ çözeltisindeki H⁺ iyonu derişimi 0,2 M olur.
- 0,8 M NaOH çözeltisinde OH⁻ iyonu derişimi 0,8 M olur.
- 0,1 M Ca(OH)₂ çözeltisinde OH⁻ iyonu derişimi 0,2 M olur.

BİLGİ

Çok değerli kuvvetli asitlerin sulu çözeltilerindeki H⁺ iyonu derişimi hesabı bu seviyede anlatılmayacaktır.

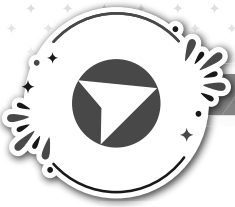
0,1 M H₂SO₄ sulu çözeltisinde H⁺ iyonu derişiminin 0,2 molar değil bu değerden daha küçük bir değerdir.

Örnek

25 °C de 0,01 molarlık HCl çözeltisinin pOH değeri kaçtır?

- A) 10⁻¹² B) 10⁻² C) 2 D) 12 E) 14

Çözüm..



Sulu Çözelti Dengeleri

Örnek

Oda koşullarında pH değeri 11 olan bir sulu çözeltinin $[H^+]$, $[OH^-]$ ve pOH değerleri aşağıdakilerin hangisinde doğru verilmiştir?

	$[H^+]$ (mol/L)	$[OH^-]$ (mol/L)	pOH
A)	10^{-11}	3	6
B)	11	10^{-3}	8
C)	10^{-11}	10^{-3}	11
D)	10^{-11}	10^{-3}	3
E)	3	10^{-11}	8

Çözüm..

ÖSYM

50 mL'lik 2×10^{-2} M HNO_3 çözeltisi su ile 1 L'ye seyreltildiğinde oluşan çözeltinin pH'si kaçtır?

- A) 1 B) 2 C) 3 D) 4 E) 5

Çözüm..

Örnek

25 °C de derişimi 0,05 M olan NaOH sulu çözeltisinin pH ve pOH değerleri kaçtır?

	pH	pOH
A)	$13 - \log 2$	$2 - \log 5$
B)	$2 - \log 5$	$13 - \log 2$
C)	$2 - \log 2$	$13 - \log 5$
D)	$13 - \log 5$	$2 - \log 2$
E)	$11 - \log 2$	$3 - \log 5$

Çözüm..

Örnek

25 °C de 5×10^{-3} M H^+ iyonu içeren bir sulu çözeltinin pOH değeri kaçtır? (log 5 = 0,7)

- A) 10 B) 10,3 C) 11,7 D) 12,7 E) 13,9

Çözüm..

Örnek

25 °C de pH değeri 3 olan 1000 mL HNO_3 sulu çözeltisinden aynı sıcaklıkta kaç mL saf su buharlaştırılırsa pH değeri 2 olur?

- A) 9 B) 90 C) 900 D) 9000 E) 9×10^{-2}

Çözüm..

Örnek

25 °C de pH değeri 10 olan V mL NaOH sulu çözeltisine aynı sıcaklıkta 2700 mL saf su eklenince pH değeri 9 oluyor.

Buna göre başlangıçtaki NaOH çözeltisinin hacmi kaç mL dir?

- A) 30 B) 250 C) 300 D) 500 E) 1200

Çözüm..